

FORMULACIÓN DEL SISTEMA DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL CORREDOR INDUSTRIAL PAIPA, DUITAMA Y SOGAMOSO A PARTIR DE LA RED DE VIGILANCIA Y CALIDAD DEL AIRE DEL VALLE DE SOGAMOSO.

LUZ ADRIANA GUZMÁN RUIZ Cód. 064072052  
MARY LIZETH BUITRAGO SIERRA Cód. 064072009

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director  
Andrés Felipe López Vásquez  
Ingeniero Químico

UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
BOGOTÁ, D.C.  
2013

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bogotá, D.C., 14 de Febrero de 2013

## **AGRADECIMIENTOS**

Les agradecemos a nuestros padres quienes fueron un apoyo muy grande en la culminación de nuestra carrera y el desarrollo de este proyecto.

Al Ingeniero Mauricio Andrés Rojas, coordinador de la Red de vigilancia de calidad del aire de Corpoboyacá, quien con su asesoría nos brindó la información necesaria para lograr el alcance del proyecto.

A las secretarías de salud y de tránsito de los municipios de Paipa, Duitama, Nobsa, Sogamoso y Tibasosa, quienes nos facilitaron la información primaria para la conceptualización de la investigación.

Al ingeniero Oscar Leonardo Ortiz Medina, jurado del proyecto por su apoyo en la constitución del proyecto.

Al director del proyecto Ingeniero Andrés Felipe López Vásquez, por su colaboración y sus asesorías oportunas y valiosas.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	9
1.JUSTIFICACIÓN.....	11
2.OBJETIVOS .....	12
2.1.OBJETIVO GENERAL .....	12
2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3. MARCO TEÓRICO .....	13
3.1. CONTAMINACION ATMOSFÉRICA.....	13
3.2. SISTEMA DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE.....	13
3.3. RED DE VIGILANCIA Y CALIDAD DEL AIRE .....	15
4. METODOLOGÍA .....	17
4.1. Diagnóstico de la red de monitoreo de la calidad del aire del Valle de Sogamoso.....	17
4.1.1. Recolección de la información .....	17
4.1.2. Evaluación de las principales problemáticas de la calidad del aire .....	18
4.1.3. Análisis meteorológico .....	18
4.2. Incorporación de los lineamientos del diseño de un Sistema de Vigilancia de Calidad del aire para el Corredor industrial .....	19
4.2.1. Análisis de emisiones .....	19
4.2.2.Comportamiento de MP10 en las eatciones de monitoreo del corredor industrial.....	19
4.2.3.Análisis cartográfico a través de isopletras .....	19
4.3. Evaluación de los parámetros de funcionamiento,operación de la red de monitoreo de calidad del aire del Valle de Sogamoso y las estaciones vinculadas al corredor industrial.....	19
5. ANÁLISIS Y RESULTADOS .....	20
5.1.Recolección de la información .....	20
5.1.1. MUNICIPIO DE PAIPA .....	21
5.1.2. MUNICIPIO DE DUITAMA .....	25
5.1.3. MUNICIPIO DE NOBSA .....	30
5.1.4. MUNICIPIO DE TIBASOSA.....	33
5.1.5. MUNICIPIO DE SOGAMOSO .....	36
5.2. Evaluación de las primeras problemáticas de la calidad del aire .....	42
5.3. Análisis meteorológico.....	47
5.4. Lineamientos de diseño del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire .....	52
5.4.1. Análisis de emisiones.....	53
5.4.2. Compotamiento de MP10 en las estaciones de monitoreo del corredor industrial .....	56
5.4.3. Análisis promedios diarios de material particulado primer trimestre del año 2010, por medio de box plot .....	60
5.4.4. Análisis promedios diarios de material particulado primer semestre del año 2011, por medio de box plot .....	65
5.4.5. Análisis cartográfico .....	71
5.5. Parámetros de la operación de la red de calidad del aire del corredor industrial paipa – duitama - sogamoso .....	72
5.5.1. Operación de la red de calidad del aire .....	72
5.5.2. Ubicación de estaciones de la red de monitoreo del corredor industrial .....	73

5.5.3. Formulación de fichas para el mejoramiento del sistema de vigilancia de calidad del aire.....	74
6. CONCLUSIONES .....	83
7. RECOMENDACIONES .....	85
BIBLIOGRAFÍA .....	87

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Contaminación del ecosistema .....	23
Tabla 2. Enfermedades población menor de 14 años. ....	23
Tabla 3. Enfermedades población de 15 a mayores de 60 años. ....	24
Tabla 4. Indicadores socioeconómicos .....	25
Tabla 5. Contaminación Del Ecosistema .....	27
Tabla 6. Enfermedades Población De Menores De 5 A 14 Años .....	28
Tabla 7. Enfermedades Población De 15-45 .....	28
Tabla 8. Indicadores Socioeconómicos.....	30
Tabla 9. Contaminación Del Ecosistema.....	31
Tabla 10. Enfermedades población menor de 14 años.....	32
Tabla 11. Causas de morbilidad .....	32
Tabla 12. Enfermedades menores de 14 años .....	34
Tabla 13. Enfermedades población de 15 a mayores de 60 años.....	35
Tabla 14. Contaminación Del Ecosistema .....	37
Tabla 15. Contaminación Por Emisiones Atmosféricas .....	38
Tabla 16. Morbilidad En Población Menor De 18 Años.....	39
Tabla 17. Morbilidad En Población De 19 Años A Mayores De 65 Años.....	40
Tabla 18. Morbilidad General Sogamoso Año 2011 .....	40
Tabla 19. Indicadores Socioeconómicos.....	41
Tabla 20. Mayores áreas urbanas y su problemática principal .....	42
Tabla 21. Niveles Máximos Permisibles Para Contaminantes Criterio.....	44
Tabla 22. Número de fuentes de emisión por actividad .....	53
Tabla 23. Número de fuentes de emisión por actividad .....	54
Tabla 24. Número de fuentes de emisión por actividad .....	54
Tabla 25. Número de fuentes de emisión por actividad .....	55
Tabla 26. Concentración máxima promedio mensual de material particulado Sogamoso serie 2004-2009. ....	58
Tabla 27. Concentración promedio diario de mp <sub>10</sub> enero 2010.....	61
Tabla 28. Concentración promedio diario de mp <sub>10</sub> febrero 2010.....	63
Tabla 29. Concentración promedio diario de mp <sub>10</sub> marzo 2010 .....	64
Tabla 30. Concentración promedio diario de mp <sub>10</sub> enero 2011.....	66
Tabla 31. Concentración promedio diario de mp <sub>10</sub> febrero 2011.....	67
Tabla 32. Concentración promedio diario de mp <sub>10</sub> marzo 2011 .....	68
Tabla 33. Comportamiento mensual de mp <sub>10</sub> para el año 2010 .....	69
Tabla 34. Comportamiento mensual de mp <sub>10</sub> para el año 2011 .....	70
Tabla 35. Ubicación de estaciones de la red de monitoreo del corredor industrial .....	73

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general del protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire (TERRITORIAL, M. D, 2007. protocolo para el monitoreo de la calidad del aire) .....	14
Figura 2. Esquema general de la metodología .....	17
Figura 3. Área de estudio (Google Earth, 2012).....	20
Figura 4. Precipitación año 2010.....	47
Figura 5. Precipitación año 2011 .....	48
Figura 6. Temperatura año 2010.....	48
Figura 7. Temperatura año 2011.....	49
Figura 8. Porcentaje de humedad año 2010.....	49
Figura 9. Porcentaje de humedad año 2010.....	50
Figura 10. Brillo Solar Año 2010.....	50
Figura 11. Brillo Solar Año 2011.....	51
Figura 12. Nubosidad año 2010 .....	51
Figura 13. Nubosidad año 2011 .....	52
Figura 14. Porcentaje de emisión de MP <sub>10</sub> por sector industrial.....	53
Figura 15. Vehículos que ingresan y salen del corredor industrial .....	55
Figura 16. Concentración media anual de MP <sub>10</sub> Sogamoso 2004-2009 (Proyecto: Redes de monitoreo y laboratorio de calidad del aire, 2010) .....	57
Figura 17. Concentración promedio anual PM <sub>10</sub> municipio de Paipa 2009 (Proyecto: Redes de monitoreo y laboratorio de calidad del aire, 2010) .....	57
Figura 18. Concentración máxima mensual promedio diaria de material particulado municipio de Sogamoso 2004-2009 (Proyecto: Redes de monitoreo y laboratorio de calidad del aire, 2010).....	58
Figura 19. Concentración máxima mensual promedio diaria de material particulado año 2007 (Proyecto: Redes de monitoreo y laboratorio .....	59
Figura 20. Concentraciones promedio diarias de material particulado MP <sub>10</sub> en Paipa durante el año 2009 (Proyecto: Redes de monitoreo y laboratorio de calidad del aire, 2010) .....	60
Figura 21. Partes del diagrama de cajas y bigotes (Imagen Google).....	61
Figura 22. Concentración promedio diario de MP <sub>10</sub> enero 2010.....	62
Figura 23. Concentración promedio diario de MP <sub>10</sub> febrero 2010 .....	63
Figura 24. Concentración promedio diario de MP <sub>10</sub> marzo 2010.....	64
Figura 25. Concentración máxima mensual promedio diaria 2011 (Calidad del aire en el Valle de Sogamoso, 2011).....	65
Figura 26. Concentración promedio diario de MP <sub>10</sub> enero 2011.....	66
Figura 27. Concentración promedio diario de MP <sub>10</sub> febrero 2011 .....	67
Figura 28. Concentración promedio diario de MP <sub>10</sub> marzo 2011 .....	68
Figura 29. Comportamiento MP <sub>10</sub> corredor industrial 2010.....	69
Figura 30. Comportamiento MP <sub>10</sub> corredor industrial 2011.....	70
Figura 31. Isopletras 26-01-2010 a las 06:00p.m.....	71
Figura 32. Ubicación estaciones de la Red de Monitoreo del Valle de Sogamoso. (Secretaria de Desarrollo y Medio Ambiente).....	73

## **LISTA DE ANEXOS**

- Anexo A. Resumen MP10 2010-2011
- Anexo B. Datos horarios Paipa 2011
- Anexo C. Datos horarios Recreo 2011
- Anexo D. Datos horarios Nazareth 2011
- Anexo E. Datos Horarios Paipa 2010
- Anexo F. Datos horarios Recreo 2010
- Anexo G. Datos horarios Nazareth 2010
- Anexo H. Gráficas de BOXPLOT diarias 2010
- Anexo I. Datos para graficar isopletas
- Anexo J. Datos conteo de fuentes de emisión Paipa-2012
- Anexo K. Inventario de minas Paipa- 2012
- Anexo L. Expedientes minas
- Anexo M. Análisis Meteorológico
- Anexo N. Fotos visitas a estaciones
- Anexo O. Datos Meteorológicos
- Anexo P. Fuentes móviles



## INTRODUCCIÓN

Desde hace más de 5 décadas en el corredor industrial Paipa, Duitama y Sogamoso se viene desarrollando actividades mineras, de explotación, producción manufacturera y de bienes, que con el pasar de los años y con el fuerte incremento comercial y económico ha posicionado esta zona del país como uno de los parques empresariales más grandes de Colombia, a lo que se le atribuye de igual forma el incremento de la contaminación atmosférica por la complejidad y tipo de industria allí desarrollada.

El corredor industrial se encuentra ubicado en el valle de Sogamoso que integra los municipios de Sogamoso, Tibasosa y Nobsa, municipios en donde se encuentran empresas como Acerías Paz Del Río, Holcim, cementos Paz del Río, Hornasa, Bavaria, Indumil, Argos y Sidenal y sus emisiones representan el 20% de la contaminación atmosférica de la región. Adicionalmente a éstas, tiene asentamiento la industria de la fabricación de ladrillo y cal a las que se les atribuyen el 80% de emisiones restantes. Dentro del corredor también se encuentran los municipios de Paipa (donde se localiza Termopaipa) y Duitama, que está siendo afectado en gran parte por la emisión de gases contaminantes del parque automotor y por la actividad industrial de empresas tales como gaseosas Postobón y emisiones por actividad en pequeña minería.

Actualmente el deterioro de la calidad del aire en algunos municipios del corredor industrial como Nobsa y Sogamoso, se debe principalmente a las técnicas utilizadas para la producción de cal y ladrillo en donde los productores prefieren el carbón como combustible por su alta capacidad calorífica y por culminar satisfactoriamente el proceso de cocción de la caliza y el ladrillo. Los efectos son notorios en impactos de orden visual, emisiones de material particulado y gases altamente contaminantes generadores de enfermedades. Aunque autoridades ambientales regionales y locales desarrollaron un plan integral para la reconversión tecnológica de los hornos de cal y ladrillo en aras de reemplazar su actual combustible (carbón) por coque y se logró involucrar al 99% de los productores en las quemas limpias, debido al alto precio en la tonelada del coque, se vieron obligados a volver al carbón (CORPOBOYACÁ, 1998).

Debido a ésta situación, se viene presentando un gran problema de salubridad sobre la comunidad del valle de Sogamoso, catalogando este sector como uno de los más contaminados del país y que de acuerdo con las estadísticas suministradas por el hospital de Sogamoso, el DANE y el Ministerio de Salud, se registran altos índices de morbilidad y mortalidad, por la contaminación resultado de la combustión con carbón. (CORPOBOYACÁ&UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA, 2007).

Desde 1983, los entes ambientales, conscientes de tal situación, decidieron vigilar las emisiones atmosféricas de esta zona y para tal fin se adquirieron equipos para el control de la contaminación atmosférica no obstante, con la conformación de la corporación autónoma regional de Boyacá (CORPBOYACA) fue que se inició este proceso de seguimiento. La instalación de una estación para la medición de contaminantes, una pantalla que divulga los valores a la comunidad (parque central de Paipa) y el diseño de la Red para el Monitoreo de la Calidad del Aire del Valle de Sogamoso en 1997, fueron las acciones emprendidas por la corporación. La red fue instalada en el 2001 con base en estudios realizados por el World Laboratory, la Ecole Polytechnique de Lausanne, la Corporación Autónoma Regional de Boyacá,

la Universidad de Los Andes y la alcaldía de Sogamoso. (AMANDA DEL PILAR VERDUGO VEGA, INGRID JOHANA ZAPATA RODRIGUEZ, 2007).

Debido a que el protocolo para monitoreo y seguimiento de la calidad del aire implementado por el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial en el año 2010, difiere en algunos aspectos con respecto a la red de monitoreo implementada, surge la necesidad por parte de la autoridad competente de conocer el estado actual de la red y determinar si el monitoreo actual es adecuado para la estimación de la calidad del aire en la región cubierta por la red.

## **1. JUSTIFICACIÓN**

El monitoreo y seguimiento de las emisiones atmosféricas emitidas por las industrias colombianas, es el resultado de la gestión de las autoridades ambientales y su responsabilidad por ejercer control a aquellas empresas que atentan con el bienestar de medio ambiente. El corredor industrial Paipa, Duitama y Sogamoso no se aleja de esta realidad y por su gran desarrollo industrial se identificó como uno de los sitios más contaminados por encima de Medellín y Bogotá. Por tal razón se creó en 1997 la red para el monitoreo de la calidad del aire del valle de Sogamoso, la cual ha presentado inconsistencias en sus mediciones, cierres y modificaciones de los sitios de ubicación de cada estación a lo largo de su operación.

Actualmente la zona cuenta con cuatro estaciones (Recreo, Nazareth, Bavaria y Aeropuerto) que hacen parte de la RMCA del valle de Sogamoso, de la cuales se encuentran fuera de servicio Bavaria y Aeropuerto suspendidas por daños en el datalogger, lo que impide un verdadero seguimiento a la contaminación atmosférica por parte de la autoridad. Adicionalmente se cuenta con una estación móvil de monitoreo en el municipio de Paipa.

Por lo anterior se cree que a pesar de la cantidad de proyectos implementados para el control de la contaminación atmosférica en el corredor industrial Paipa – Duitama- Sogamoso, se requiere de un sistema de vigilancia de la calidad del aire para lograr resultados verdaderamente satisfactorios para el mejoramiento de las condiciones de vida de la población y la estabilidad del medio ambiente. Este sistema permite evaluar el desempeño ambiental de las empresas pertenecientes a este sector basado en el adecuado monitoreo de la calidad del aire, logrando que entidades como CORPOBOYACÁ generen políticas ambientales y control en ésta región verdaderamente eficaces.

Como propósito general del proyecto se busca la revisión de la RMCA del valle De Sogamoso y demás estaciones adscritas al corredor industrial, a partir de los lineamientos dictados por el protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire del ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial del año 2010 para un Sistema Especial de Vigilancia de la Calidad del Aire (SEVCA), el cual establece en su numeral 5.6.5 las consideraciones especiales de este tipo de SVCA, en donde referencia que el diseño de la RMCA debe ser revisada cada dos años para áreas con influencia de industrias siderúrgicas, concentraciones de fuentes puntuales, zonas mineras, refinerías y zonas petroleras. Puesto que en la red implementada dos estaciones no están en funcionamiento y el tiempo para la evaluación de la red implementada se cumple en el presente año, se hace necesaria la formulación del sistema de vigilancia de la calidad del aire para el corredor industrial Paipa, Duitama y Sogamoso a partir de la red de vigilancia y calidad del aire del valle de Sogamoso para lograr un aumento en la calidad de los procesos que determinan los niveles de contaminación del aire en la región y la creación de estrategias de control de emisiones, para llegar a una aplicación correcta del sistema con base en el Protocolo por parte de las autoridades ambientales del área. (ESPINOSA, 2001)

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Formular el sistema de vigilancia y seguimiento de la calidad del aire para el corredor industrial Paipa, Duitama y Sogamoso con base en el protocolo para el monitoreo y seguimiento del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar un diagnóstico de la Red para el Monitoreo de la Calidad del Aire del Valle de Sogamoso.
- Incorporar los lineamientos del diseño de un sistema de vigilancia de la calidad del aire para el corredor industrial Paipa, Duitama y Sogamoso.
- Evaluar los parámetros de funcionamiento, operación y control de la red para el monitoreo de la calidad del aire del valle de Sogamoso y las estaciones vinculadas al corredor industrial.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. CONTAMINACION ATMOSFÉRICA**

La contaminación atmosférica en Colombia ha sido uno de los factores de mayor preocupación en los últimos años, por los impactos generados tanto en la salud como en el medio ambiente. (LARSEN, BJORN, 2004).

En este sentido la regulación ambiental nacional se ha desarrollado en torno a la aplicación de normas que entregan a las autoridades ambientales e industrias lineamientos para el control y monitoreo de la contaminación que han sido acompañados de la creación de redes para el monitoreo y seguimiento de la misma, hasta la implementación de protocolos que permitan generar herramientas para una perfecta vigilancia de las zonas que puedan inducir a un riesgo en la calidad del vida de los colombianos.

La contaminación del aire en los corredores industriales y en las principales ciudades del país es uno de los problemas ambientales y sociales sobre cuya importancia existe una amplia conciencia en Colombia, y es el generador de los mayores costos sociales después de la contaminación del agua y de los desastres naturales. Estos costos han sido estimados en 1,5 billones de pesos anuales y están relacionados con efectos sobre la salud pública, mortalidad y morbilidad, siendo por lo general los grupos sociales pobres los más expuestos a la contaminación del aire y los más afectados por ella. (MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL; IDEAM, 2007).

De acuerdo con el CONPES 3344 de 2005 "Lineamientos para la Formulación de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire", en el ámbito urbano se concentran las principales fuentes de emisión por contaminación del aire. Se calcula que en el 2002, el 34% de la emisión total nacional contaminante se generó en 8 ciudades y de acuerdo con proyecciones del DANE, para el mismo año, el 45% de la población colombiana urbana habitaba en estos lugares. (CONPES., C. N, 2005).

Por lo anterior la Política de prevención y control de la contaminación del aire generó para el país a partir del diagnóstico realizado a las principales redes de monitoreo y calidad del aire del país, entre ellas la del Valle De Sogamoso en el 2007, un plan de acción que debiera ser aplicado por las instituciones ambientales para impulsar la gestión de la calidad del aire en el corto, mediano y largo plazo, con el fin de alcanzar los niveles de calidad del aire adecuados para proteger la salud y el bienestar humano, en el marco del desarrollo sostenible. (MINISTERIO DE AMBIENTE, V. Y, 2010)

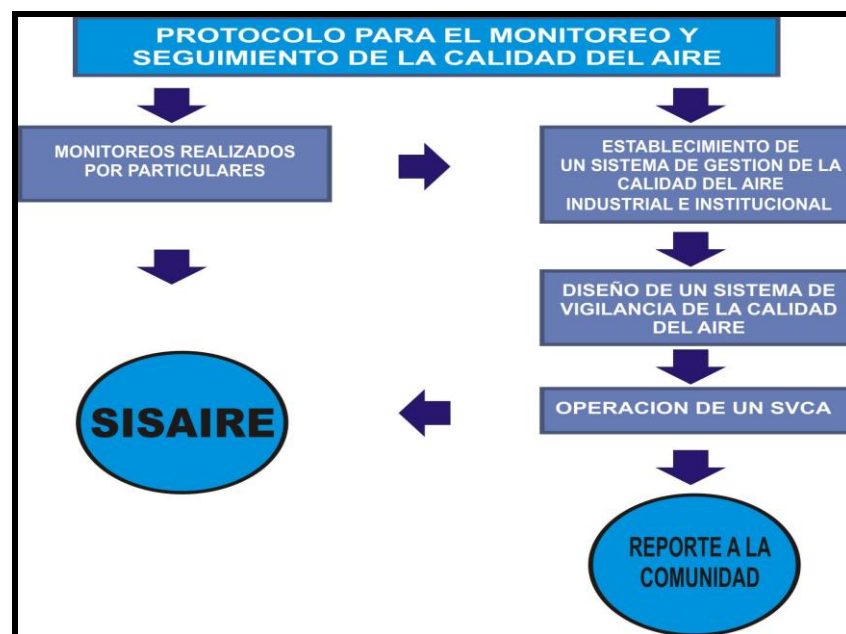
#### **3.2. SISTEMA DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE**

Con la expedición del documento Conpes 3344 de 2005 se fijaron lineamientos que han permitido avanzar en la formulación de estrategias coordinadas, eficientes y equitativas, dirigidas a prevenir y controlar la contaminación del aire. (MINISTERIO DE AMBIENTE, V. Y, 2010), donde para el monitoreo ambiental el IDEAM estaba en el desarrollo de un protocolo de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire que permita solucionar las dificultades sobre la optimización del diseño de las redes para el monitoreo y calidad del aire, teniendo en cuenta la

localización y el número requerido de estaciones, la selección de los parámetros a monitorear y el tipo de equipos, entre otros, requiriendo trabajar en la estandarización de los procesos de captura, validación y análisis de la información. Esto para garantizar su confiabilidad, comparación y agregación a nivel nacional y en la formación de especialistas en la materia. (CONPES., C. N, 2005).

Pero a partir de la Resolución 601 de 2006, norma nacional de calidad del aire, se incluyó la necesidad de elaborar un protocolo para garantizar la calidad de la información sobre calidad del aire que se reporta en el país. Por tal razón, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial adoptó, mediante la Resolución 650 de 2010, el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, para que las autoridades ambientales y los particulares que miden calidad del aire, cuenten con una herramienta para diseñar sistemas de vigilancia de calidad del aire o campañas de monitoreo, cumpliendo con los más altos estándares de calidad. . (MINISTERIO DE AMBIENTE, V. Y, 2010)

El protocolo tiene como propósito principal, ofrecer de manera particular a las Autoridades Ambientales responsables de la vigilancia y el control de la calidad del aire y de manera general a las personas o entidades interesadas, una guía y lineamientos básicos para llevar a cabo el monitoreo y seguimiento a la calidad del aire en zonas urbanas y/o industriales del País. Así como los elementos básicos para el desarrollo de la operación de un Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire, del tratamiento, análisis, interpretación, presentación y reporte de la información recolectada. De la misma forma se busca que los responsables vayan mas allá monitoreo de la calidad del aire hacia la implementación de un SISTEMA DE GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE (SG-CA) que permita el mejoramiento continuo en la búsqueda de la disminución del potencial deterioro de la salud pública y otros aspectos ambientales. (TERRITORIAL, M. D, 2007). En la Figura 1, se muestra la aplicación de este protocolo::



**Figura 1.** Esquema general del protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire (TERRITORIAL, M. D, 2007. protocolo para el monitoreo de la calidad del aire)

### **3.3. RED DE VIGILANCIA Y CALIDAD DEL AIRE**

En el país existen 20 redes de monitoreo de calidad del aire, de las cuales 18 pertenecen a redes de autoridades ambientales regionales de Bucaramanga, Medellín, Barranquilla, Bogotá, Cúcuta, Manizales, Sogamoso, Santa Marta, Ibagué, Cali, entre otras y dos son de carácter privado (Cerrejón y Drummond Ltda.). Adicionalmente, otras autoridades ambientales regionales como la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), la Corporación Autónoma Regional del Cesar (Corpocesar) y Ecopetrol han realizado campañas de monitoreo para establecer la calidad del aire en su región y en la zona de influencia de su actividad. Por otro lado, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) cuenta con una estación móvil de monitoreo de calidad del aire, con la cual ha realizado estudios en diferentes zonas del país. (MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL; IDEAM, 2007).

Las redes de monitoreo se pueden clasificar en automáticas, manuales y mixtas, con estaciones fijas o móviles. La mayoría de las redes de monitoreo de Colombia son manuales, solamente 7 de las 20 redes son automáticas, entre ellas la del Valle De Sogamoso

La Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá) opera una red de monitoreo de la calidad del aire en el valle de Sogamoso instalada en el año 2001. La red como se conoce hoy en día, está conformada por cuatro (4) estaciones de monitoreo automático distribuidas en el valle, las cuales miden concentraciones de PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, CO y SO<sub>2</sub>, destacando que ni el monóxido de carbono ni el SO<sub>2</sub> representan un problema de contaminación atmosférica por sus bajas concentraciones, mientras que el ozono y el PM<sub>10</sub> sí lo son. En ozono los límites permisibles horarios y de ocho (8) horas son superados durante los tres (3) años analizados (2004 a 2006), con concentraciones máximas que alcanzan los 93 ppb. Ahora bien, en el caso del PM<sub>10</sub> aunque el límite anual no es superado, todas las concentraciones se encuentran por encima de los 50 µg/m<sup>3</sup> sin embargo, el límite diario sí es superado en los tres (3) años llegando a valores de 275 µg/m<sup>3</sup> (MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL; IDEAM, 2007).

Las empresas denominadas como gran industria se distribuyen a lo largo del corredor industrial Paipa, Duitama y Sogamoso de la siguiente manera: en la jurisdicción de Sogamoso se encuentran 4 industrias, las cuales son cementos Paz de Río, Indumil, Siderurgia Hornos Nacionales S.A. (SIDENAL) y Hornos Nacionales S.A. (HORNASA), equivalentes al 57 % de la Gran Industria del Valle de Sogamoso. En Nobsa se encuentran establecidas Holcim y Acerías Paz de Río, correspondientes al 29 % del sector y por último, en Tibasosa se encuentra Bavaria S.A. con el 14%. Con respecto al Municipio de Paipa la problemática de la contaminación del aire tiene incidencia en la población asentada y flotante en los sectores urbano, complejo turístico y algunos rurales del Municipio de Paipa, con influencia indirecta en los sectores limítrofes con el municipio de Sotaquirá especialmente en el sector el Manzano, y área rural de Tuta específicamente en la siderúrgica. De manera muy especial la zona circundante a las plantas generadoras de energía o termoeléctricas tiene incidencia directa e indirecta en el ambiente que circula en la localidad, parte prioritaria y muy influyente en las condiciones atmosféricas en el valle que conforma la cuenca del río Chicamocha donde habitan aproximadamente 30.000 personas. En este valle se encuentran localizadas las dos plantas generadoras de energía, empresas siderúrgicas como DIACO S.A. Aceros y Procesos Industriales Boyacá, ladrillos el Zipa Ltda, ladrillos Maguncia S.A. y patios de acopio de carbón localizados en la vereda el Volcán en el municipio de Paipa.

Teniendo en cuenta la problemática de esta zona del Departamento de Boyacá, CORPOBOYACA adquirió una unidad móvil de monitoreo de calidad del aire para la jurisdicción del municipio de Paipa, teniendo en cuenta la importancia de informar a la comunidad el estado de la calidad del aire y con el fin de definir estrategias que permitan reducir los niveles de contaminación atmosférica. De esta forma la corporación buscó mejorar la calidad de vida de la comunidad y por ello ha monitoreado la calidad del aire desde finales del año 2008.

En Diciembre de 2008 CORPOBOYACA, adquirió una pantalla electrónica ubicada en el parque principal de Paipa, con el fin de informar a la población el estado de la calidad del aire por material particulado PM10, como uno de los objetivos del Plan de Gestión de Calidad del Aire de la Corporación. (CORPOBOYACÁ, 2010)

El planteamiento de planes de acción y de ordenamiento básico para el corredor industrial Paipa, Duitama y Sogamoso busca la sostenibilidad ambiental a través del control de las actividades presentadas en la zona, trayendo consigo el desarrollo de uno de los indicadores para la medición de la calidad del aire (el Índice de Calidad del Aire del Valle de Sogamoso, Icaso), que muestra los niveles perjudiciales de la calidad del aire para grupos sensibles, como niños menores de cinco años y adultos mayores de 65. En la actualidad se ubica en el nivel tres de seis niveles, con un rango que varía entre 2,51 y 5,0, considerándose perjudicial para los grupos sensibles, estos pueden experimentar efectos en la salud (GRUPO INTERDISCIPLINARIO E INTERINSTITUCIONAL DE INVESTIGACIÓN DE CARBONES Y CARBOQUÍMICA, 2007).

Otros de los programas desarrollados para controlar la contaminación atmosférica fue el desarrollo del proyecto valle de Sogamoso AQMS (Air Quality Management System). Proyecto del ICSC- WORLD LABORATORY que busca los siguientes objetivos:

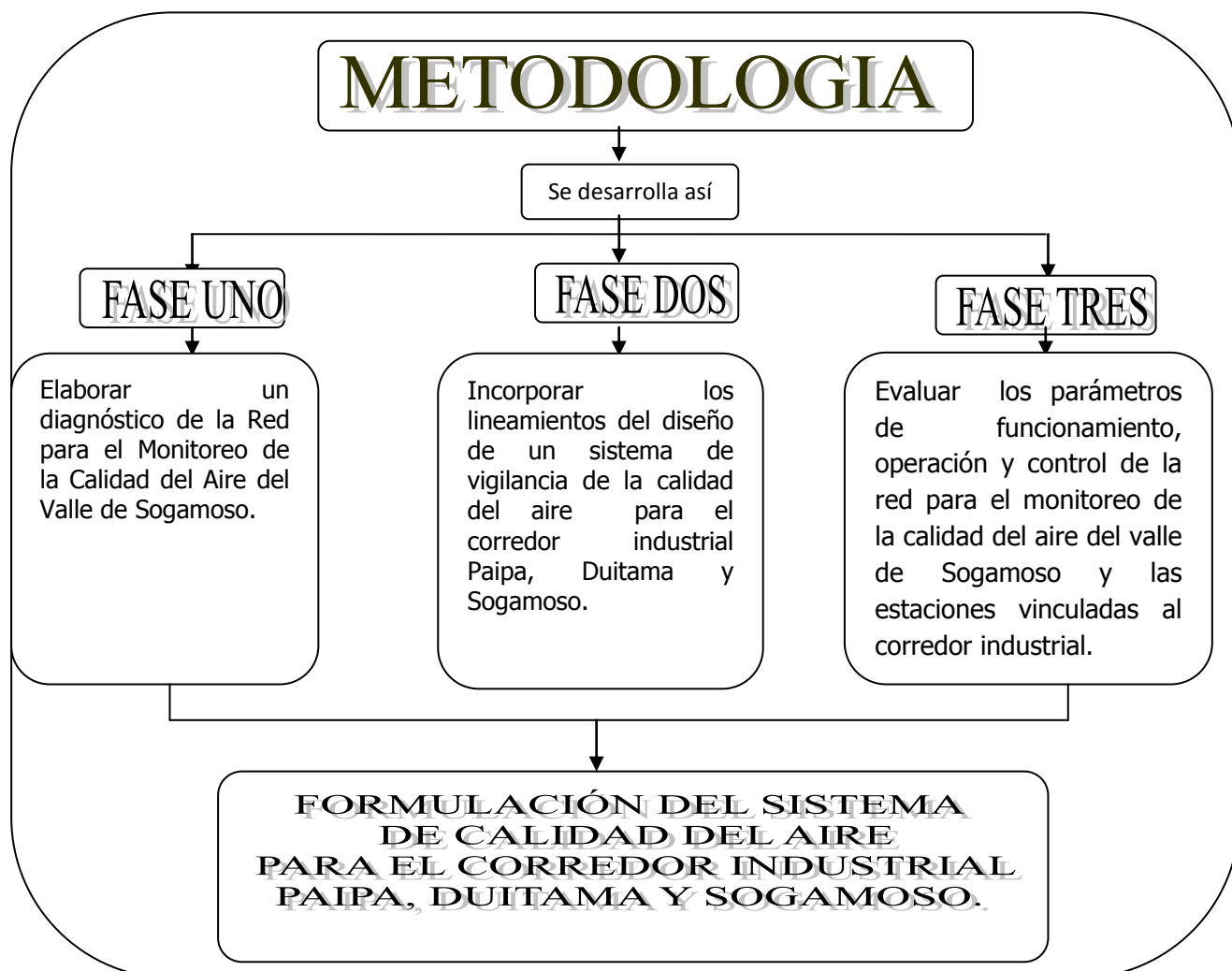
- Mejorar la calidad del aire del valle de Sogamoso por medio de un control y monitoreo continuo a largo plazo.
- Ser un proyecto piloto y demostrar las ventajas de establecer proyectos AQMS en países en vía de desarrollo.
- Diseminar la experiencia y el conocimiento adquirido a otras regiones en Latinoamérica y a otros países en vía de desarrollo para así promover proyectos de igual magnitud.
- Obtener nuevos conocimientos científicos acerca de la contaminación atmosférica y en especial de la atmósfera de la región andina (ESPINOSA, F. J, 2001).

El proyecto anterior esta contenido por tres principales etapas que son las de medición, información y manejo. En la primera etapa se realizaron pruebas continuas para monitorear el comportamiento de los contaminantes y sus fuentes de emisión generando bases de datos para su posterior análisis, en la segunda etapa se informó a la comunidad sobre el estado actual de la región, creando conciencia acerca de las medidas de control para la contaminación y en la última etapa se desarrolló un modelo matemático para conocer la dispersión de los contaminantes.



#### 4. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta investigación se establecen tres fases de ejecución tomando como referencia cada uno de los objetivos planteados inicialmente, definidas en el siguiente diagrama, que posteriormente se describirán en cada una de las fases.



**Figura 2.** Esquema general de la metodología

##### **4.1. Diagnóstico de la Red para el Monitoreo de la Calidad del Aire del Valle de Sogamoso**

A partir de esta fase se procede a establecer las causas de la contaminación del aire, y su impacto sobre la sociedad, evaluando los factores ambientales que se ven afectados en la vigilancia de la calidad del aire, y para la cual se llevaron a cabo las siguientes actividades:

###### **4.1.1. Recolección de información general**

Se hizo una caracterización de la geografía de la zona, la población y el desarrollo urbano a partir de la cartografía inicial que fue facilitada por Corpoboyacá y demás instituciones que la contengan, adicional a eso se revisó los componentes referidos a calidad del aire en cada uno de las técnicas, esquemas y planes básicos de ordenamiento territorial de los municipios que se

encuentren en nuestra zona de estudio (corredor industrial Paipa, Duitama y Sogamoso), a partir de esto se enfatizó en las siguientes temáticas que fueron evaluadas durante la revisión.

- Estudios de salud, por lo que se acudió a la Secretaría de salud de Duitama, Secretaría local de salud y seguridad social de Sogamoso, Hospital San Vicente de Paul de Paipa y Unidad de salud Nobsa.
- Geografía y clima, información que fue recolectada en la corporación autónoma regional de Boyacá donde se incluyeron límites geográficos, condiciones topográficas y usos de suelo.
- Actividades económicas, servicios públicos, esta información fue revisada dentro de las alcaldías de Sogamoso, Duitama, Paipa, Tibasosa y Nobsa, tomando como base los planes, esquemas y planes básicos de ordenamiento territorial de los municipios.
- Para el desarrollo definitivo de esta fase de recolección de información se hizo necesario contar con información cartográfica y base de datos sobre el tránsito local y base de datos de industrias locales, que de igual manera fueron entregadas por las instituciones anteriormente nombradas.

#### **4.1.2. Evaluación de las principales problemáticas de la calidad del aire**

Para el desarrollo de esta actividad se procedió a realizar las siguientes acciones.

- Consulta a funcionarios de CORPOBOYACÁ, alcaldías e instituciones.
- Determinación de las mayores áreas urbanas de la jurisdicción
- Definición del dominio de la RVCA para la zona de estudio.
- Determinación de los objetivos de vigilancia para la calidad del aire.

#### **4.1.3. Análisis micro-meteorológico**

Como parte de este estudio se determinó los siguientes aspectos de vital importancia para conocer el comportamiento de atmósfera de la zona de estudio y su grado de dispersión.

- Determinar si en el área de estudio existen varias condiciones micrometeorológicas de vientos.
- Tendencias de precipitación durante los últimos dos años.
- Identificación de épocas secas y húmedas.

Para la obtención de esta información se acudió a CORPOBOYACÁ quien brindó información que no fue utilizada por su desactualización, de esta manera se compraron datos hidrometeorológicos en el IDEAM que contenían información mensual de velocidad del viento (m/s), precipitación, temperatura (°C), humedad relativa (%), brillo solar (horas), nubosidad (octas), de las estaciones Aeropuerto Alberto Lleras Camargo (Sogamoso), Belencito (Nobsa), Surbata Bonza (Duitama), Tunguavita (Paipa), éstas fueron escogidas por que rodean el área de estudio.

#### **4.2. Incorporación de los lineamientos de diseño del sistema de vigilancia de la calidad del aire para el corredor industrial Paipa, Duitama y Sogamoso.**

En esta fase se desarrolló el análisis estadístico y cartográfico del comportamiento de MP10 en las estaciones de Paipa, Recreo y Nazareth a partir de las siguientes acciones:

##### **4.2.1. Análisis de emisiones:**

###### **▪ Emisiones por actividad industrial.**

Para esta fase se analiza el tipo de emisiones por cada una de las actividades industriales registradas en la zona de estudio, que son de gran relevancia para la ubicación de las estaciones de monitoreo y su función de vigilar los índices de calidad del aire.

##### **4.2.2. Comportamiento de MP10 en las estaciones de monitoreo del corredor industrial.**

**Esta actividad se desarrollar en dos partes:**

- En la primera se analiza los antecedentes existentes desde 2004 hasta 2009 del comportamiento de MP10 en la zona de estudio y sus niveles con respecto a la norma de calidad del aire.
- Para la segunda parte se lleva a cabo los análisis del comportamiento de MP10 en las estaciones de Paipa que como su nombre lo indica se ubica en el municipio del mismo nombre, la estación del recreo que se ubica en la zona urbana de Sogamoso y la estación de Nazareth que se ubica en el corregimiento de Belencito perteneciente al municipio de Nobsa, a través de modelos estadísticos de caja y bigotes.

##### **4.2.3. Análisis cartográfico a través de isopletras.**

Se desarrolla un mapa de isopletras a través de Arcgis que nos permita ver los comportamientos de MP10 en cada una de las estaciones a través del mapa cartográfico.

#### **4.3. Evaluación de los parámetros de funcionamiento, operación y control de la red para el monitoreo de la calidad del aire del valle de Sogamoso y las estaciones vinculadas al corredor industrial.**

Dentro del desarrollo de proyecto se realizaron cinco visitas a la zona de estudio, de las cuales una se destina a la inspección de las estaciones, con acompañamiento y autorización de Corpoboyacá, en esta actividad se revisó:

- Equipos, se observa su estado, limpieza, mantenimiento y funcionamiento.
- Calibración, se determina si los equipos cuentan con calibraciones y el periodo de cada una.
- Aseguramiento de la información, se revisa el programa de aseguramiento de los datos de calidad del aire, como software para administración de datos, personal a cargo de los datos.
- Realización de fichas para el mejoramiento del diseño y la operación del Sistema de Vigilancia.

En las otras visitas se hizo un recorrido por la zona realizando el inventario de empresas ubicadas en el municipio Paipa y Duitama, además se realizó un reconocimiento de la zona donde se indago algunos trabajadores de la industria Calera, adicional a lo anterior se visitaron las alcaldías de los municipios mencionados y las de Sogamoso, Nobsa y Tibasosa y sus centros de salud y alguna secretarías de transporte.

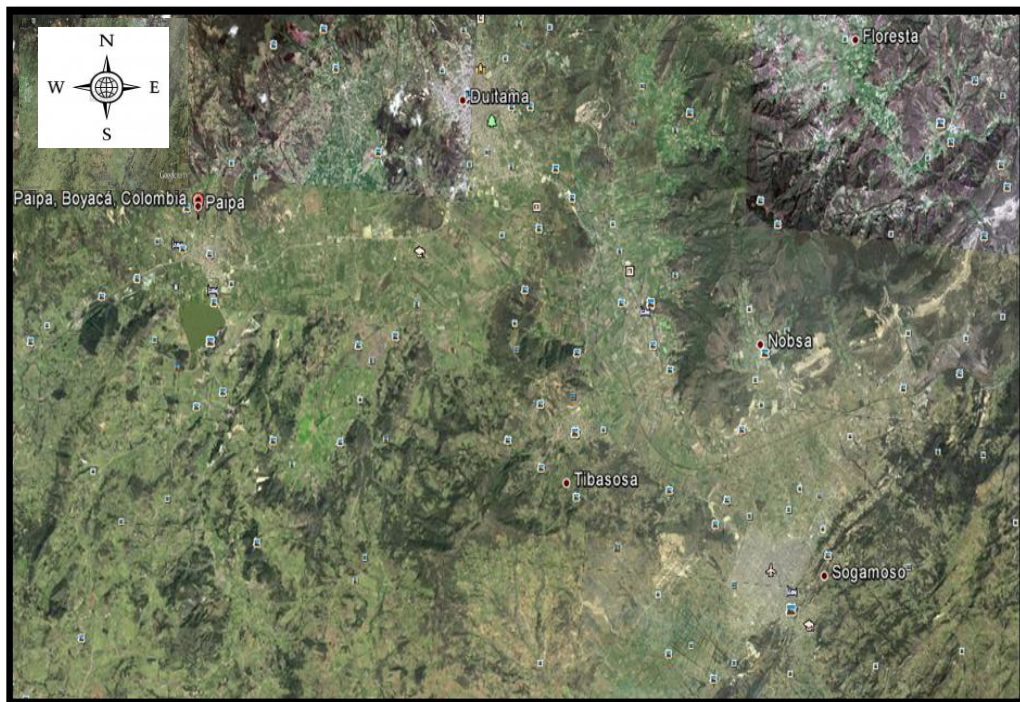
## **5. ANÁLISIS Y RESULTADOS**

### **5.1. Recolección de la información**

Por medio de entrevistas a funcionarios de Corpoboyacá, visitas a la zona de estudio, recorridos a entidades públicas y privadas se elaboró el estudio primario de la región, obteniendo información geográfica y de clima, epidemiológica, de actividades económicas, de servicios públicos de los municipios de Sogamoso, Duitama, Paipa, Tibasosa y Nobsa, permitiendo el reconocimiento de los factores ambientales involucrados y la consolidación del diagnóstico de la red de monitoreo de corredor industrial.

### **DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

El área de estudio se encuentra localizada en el departamento de Boyacá, dentro de las provincias de Tundama a la cual pertenecen los municipios de Paipa y Duitama, y la provincia del Sugamuxi donde se localizan los municipios de Nobsa, Tibasosa y Sogamoso. Estas dos provincias se encuentra al noroccidente del departamento constituyen el corredor industrial más productivo de Boyacá.



**Figura 3. Área de estudio (Google Earth, 2012)**

### **5.1.1. MUNICIPIO DE PAIPA**

El municipio de Paipa está localizado en el valle de Sogamoso, uno de los valles internos más importantes de la región andina, en la parte centro oriental del País y noroccidental del departamento de Boyacá a 2525 msnm, dista aproximadamente 184 Km de Bogotá y 40 Km de Tunja. Su cabecera municipal se encuentra a los 5°47' de latitud norte y 73° 06'. Paipa pertenece a la provincia de Tundama y forma parte del corredor industrial de Boyacá, limita por el norte con el departamento de Santander, por el oriente con los municipios Tibasosa y Duitama; por el sur con Firavitoba y por el occidente con Sotaquirá y Tuta.

Dentro del municipio se encuentra localizada Termopaipa y GENSA, empresas que surten de energía a gran parte del departamento y que han influido en la estabilidad del medio ambiente por la intensidad de sus actividades, sin embargo por la medidas de control implementadas, equipos como precipitadores electrostáticos han sido de gran importancia para mitigar las emisiones de MP10 y de óxidos de azufre, adicional a estas empresas encontramos un gran número de minas de carbón bajo tierra y minas de explotación de materiales de construcción, puzolana, hierro y arcilla todas a cielo abierto y con emisiones de MP10 que han sido controladas por las medidas que CORPOBOYACÁ ha ejercido mediante la implementación de planes de manejo.

#### **Geografía y clima**

El área Del municipio de Paipa cuenta con una temperatura promedio de 13°C, una humedad relativa de 74% y una precipitación anual promedio de 944 mm se localiza en la cordillera oriental de Colombia, y se caracteriza por presentar rocas sedimentarias de origen marino y continental, y la presencia de algunos cuerpos ígneos intrusivos.

La región de Paipa está caracterizada por dos provincias morfoestructurales contrastantes. Hacia el norte de la falla de Bogotá se destaca un bloque tectónico levantado en el cual se identifica el sinclinal de los medios, y el anticlinal de Arcabuco hacia el sur de la falla de Boyacá se observa un bloque tectónico deprimido de paisaje ondulado correspondiente al llamado bajo estructural o depresión del Chicamocha. Mientras en el bloque norte se presentan estructuras plegadas amplias y básicamente constituidas por rocas del Jurásico y triásico, en el bloque sur, es decir, la depresión del Chicamocha, son notorios los plegamientos cortos y estrechos y estructuras plegadas volcadas por acción de la gravedad.

En cuanto al clima la zona norte de Palermo y el Venado se clasifica como un clima frío semihúmedo; el tramo más elevado en la vía a Paipa corresponde a un clima subpáramo húmedo y finalmente, el sector ubicado entre las veredas El Tejar y Pastoreos se ubicó en la unidad climática fría semihúmeda a subhúmeda.

#### **Uso del suelo**

El municipio de Paipa tiene una alta tendencia a los microfundios, especialmente en las Veredas contiguas o cercanas a la cabecera municipal. Las Veredas El Rosal, El Tejar, Canocas, La Bolsa, Llano Grande, Varguitas, Toibita y La Esperanza tienen más de la mitad de su territorio en microfundios.(predios menores a 3 ha)

A excepción de Canocas y la Esperanza estas veredas tienen más del 60% de su área en los mejores suelos del municipio para la producción agropecuaria.

Es importante tener en cuenta que las condiciones edáficas en el territorio municipal no son homogéneas en su capacidad productiva generando diferentes niveles de producción y de ingresos por actividades agropecuarias, siendo más altas en las zonas de desarrollo agrario y nulo o casi nulo en zonas de protección o recuperación.

1672 microfundios (1800 ha) se encuentran en suelos con aptitud para la protección y recuperación que se consideran no productivos para actividades agropecuarias debido a sus limitantes fisicoquímicas, en donde cualquier sistema de producción agropecuario no se considera posible o muy poco rentable.

El área ocupada por la extracción minera ha tenido un alto crecimiento en el municipio, de 64 ha aumento a 476 ha en aproximadamente 6 años.

Si bien es cierto se considera un crecimiento exagerado de las áreas mineras obtenidas, este se puede justificar en la titulación minera de aproximadamente el 12% del territorio municipal (3800 ha<sup>3</sup>) en donde se han otorgado títulos, documentos en los cuales se otorga el derecho a explorar y explotar el suelo y el subsuelo.

## **Epidemiología**

En el análisis realizado por el Hospital San Vicente de Paul de la situación de salud del Municipio de Paipa que parte del Plan de Salud Pública, el cual permitió caracterizar, medir y explicar el perfil de salud-enfermedad de la población, incluyendo los daños y problemas de salud, así como los factores asociados y sus determinantes, utilizando fuentes como estadísticas vitales del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), el registro individual de información de salud (RIPS) y la encuesta nacional de salud.

Este análisis contuvo la aproximación a la realidad incluyendo los problemas prioritarios de salud de cada subgrupo poblacional y los factores relacionados a la ocurrencia de dichos problemas, analizando cuales de estos están asociados con las actividades industriales y de contaminación atmosférica, del trabajo realizado por el Hospital se tomaron los datos más relevantes de salud para encontrar las principales problemáticas de salud como lo fueron la contaminación del ecosistema y principales enfermedades en todas las edades de la población.

En la tabla 1, que pertenece al cuatrienio 2008-2011 se hace relación de los factores de contaminación del ecosistema en cada una de la veredas del municipio, tales como contaminación de agua, tierra, contaminación acústica y de aire, de fuentes de agua, deforestación, uso de pesticidas, uso inadecuado de suelos.

**Tabla 1. Contaminación del ecosistema**

LOCALIZACIÓN: SECTOR, BARRIO Y / O VEREDA	CAUSA DE CONTAMINACION						
	AGUA		AIRE			TIERRA	
	CONTAMINACION	DETERIORO	INDUSTRIAS	FUMIGACION	RUIDO	DRENAJE	BASURAS
Barrio Corinto			Empresa de aceros		Por la industria		
Zona sub urbana	Cultivos de cebolla			Cultivos de cebolla			
Veredas Salitre, Volcán, Jazminal y Sativa.	Reservas mineras y areneras		Reservas mineras y areneras			Reservas mineras y areneras	
Veredas Mirabal y Volcán.	Central térmica y centros de acopio de carbón		Central térmica y centros de acopio de carbón		Central térmica y centros de acopio de carbón	Central térmica y centros de acopio de carbón	
Vereda el Tejar.				Disposición Final de Basuras del Municipio			Disposición Final de Basuras del Municipio
Municipio			Termoeléctric as		Termoelé ctricas		
Corregimiento de Palermo		Tala de bosque nativo.					
Quebrada Honda	Por fumigación de cultivos Por cuidado de ganadería inapropiada con los recursos naturales						

Fuente: Estudio situacional de Paipa 2008-2012.

## Morbilidad

A continuación se encuentran en las tablas 2 y 3, las principales enfermedades registradas en los hospitales y que han sido determinadas como las de mayor frecuencia de consulta y que se representan en dos grupos, población menor de 14 años y mayor de 15 años.

**Tabla 2. Enfermedades población menor de 14 años.**

ENFERMEDADES	NIÑOS MENORES DE 1 AÑO		NIÑOS DE 1 A 4 AÑOS		NIÑOS DE 5 A 14 AÑOS		TOTAL ENFERMEDADES
	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	
<b>RINOFARINGITIS AGUDA (RESFRIADO COMUN)</b>	202	179	355	318	283	243	1580
<b>DIARREA Y GASTROENTERITIS DE PRESUNTO ORIGEN INFECCIOSO</b>	65	70	181	200	135	146	797
<b>FIEBRE, NO ESPECIFICADA</b>	53	49	159	137	0	0	398
<b>NAUSEA Y VOMITO</b>	37	44	145	150	147	115	638
<b>CONJUNTIVITIS AGUDA, NO ESPECIFICADA</b>	45	34	0	0	0	0	79

<b>FARINGITIS AGUDA, NO ESPECIFICADA</b>	36	32	113	127	157	139	604
<b>INFECCION DE VIAS URINARIAS, SITIO NO ESPECIFICADO</b>	48	10	126	40	0	0	224
<b>BRONQUIOLITIS AGUDA, NO ESPECIFICADA</b>	27	27	0	0	0	0	54
<b>AMIGDALITIS AGUDA, NO ESPECIFICADA</b>	0	0	95	112	130	144	481
<b>PARASITOSIS INTESTINAL, SIN OTRA ESPECIFICACION</b>	0	0	83	70	184	147	384
<b>CEFALEA</b>	0	0	0	0	211	171	382

**Tabla 3. Enfermedades población de 15 a mayores de 60 años.**

ENFERMEDADES	15 A 44 AÑOS		45 A 59 AÑOS		MAYORES DE 60 AÑOS		TOTAL ENFERMEDADES
	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	
<b>CEFALEA</b>	1065	426	372	118	257	102	2340
<b>OTROS DOLORS ABDOMINALES Y LOS NO ESPECIFICADOS</b>	560	190	130	57	0	0	937
<b>INFECCION DE VIAS URINARIAS, SITIO NO ESPECIFICADO</b>	652	60	190	41	209	74	1276
<b>CARIES DE LA DENTINA</b>	473	221	143	94	0	0	931
<b>RINOFARINGITIS AGUDA (RESFRIADO COMUN)</b>	446	229	217	57	205	73	1227
<b>DIARREA Y GASTROENTERITIS DE PRESUNTO ORIGEN INFECCIOSO</b>	354	234	0	0	0	0	588
<b>GASTRITIS, NO ESPECIFICADA</b>	441	142	240	72	238	105	1238
<b>HIPERTENSION ESENCIAL (PRIMARIA)</b>	0	0	389	172	812	474	1847
<b>ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRONICA, NO ESPECIFICADA</b>	0	0	0	0	266	164	430

De acuerdo a las anteriores tablas se observa que la principal enfermedad que afecta a los niños menores de 15 años es la Rinofaringitis Aguda (resfriado común) con un total de asistencia médica de 1580 niños en el año 2011, seguido de enfermedades como la gastroenteritis y la diarrea.

Para la población de 15 a personas mayores de 60 años se observa que la Cefalea es la causa más común de asistencia médica con un total de 2340 personas enfermas para el año 2011, seguida de la hipertensión, gastritis, y enfermedades respiratorias.



Según el estudio realizado a la comunidad urbana y rural vinculada a la red comunitaria de vigilancia en salud pública se encontraron las siguientes causas de morbilidad, identificando problemas de salud y factor de riesgo. En el cual se le adjudica los problemas pulmonares y de infecciones respiratorias a factores climáticos, exposición a leña y fábricas.

### Actividad Económica

Las condiciones socioeconómicas (véase Tabla 4), son uno de los determinantes más importantes de las condiciones de vida y del estado de salud de la población. Considerable evidencia empírica ha establecido la relación directa entre desigualdad socioeconómica y mortalidad y ha enriquecido la discusión sobre el tema de la equidad en salud.

El 10,5% de los establecimientos se dedican a la industria (Siderúrgica, minera, generación eléctrica); el 56,6% a comercio; el 31,9% a servicios y el 1,0% a otra actividad.

**Tabla 4. Indicadores socioeconómicos**

INDICADORES		2008	2009	2010	2011
<b>Proporción de población en miseria</b>		33,75	33,89	37,82	20,09
<b>Distribución porcentual de la población por clasificación de SISBEN</b>	1	27,09	27,11	27,17	26,37
	2	69,95	70,02	69,99	71,01
	3	1,01	1,03	1,28	1,95
	4	1,95	1,85	1,56	0,67
<b>Distribución porcentual de la población por estrato socioeconómico</b>	1	34,5	34,5	38,17	38,03
	2	46,25	46,25	42,55	42,77
	3	17,31	17,31	16,41	16,34
	4	1,37	1,37	1,83	1,82
	5	0,38	0,38	0,85	0,85
	6	0,24	0,24	0,19	0,19
<b>% Población desplazada</b>		0,18	0,23	0,52	0,47
<b>Cobertura de servicio de electricidad</b>		99	99	98,93	99
<b>Cobertura de servicios de telefonía</b>					
<b>Proporción de hogares con jefatura femenina</b>		27,85	28,20	29,13	29,64
<b>Proporción de población en condición de hacinamiento</b>		23,63	24,33	26,93	21,13
<b>Tasa de analfabetismo en personas entre 15 y 24 años</b>		3,50	3,74	3,62	2,83
<b>Años promedio de educación en la población de 15 años y más</b>					

Fuente. ASIS Hospital San Vicente de Paul Paipa 2008 – 2011

#### 5.1.2. MUNICIPIO DE DUITAMA

Duitama se encuentra ubicado a 5°49' de latitud norte y 73°2' de longitud oeste, con una altura de 2590m.s.n.m y una distancia de 240 km de Bogotá y 50 km de Tunja, pertenece a la provincia de Tundama y forma parte del corredor industrial de Boyacá. Limita al norte con el departamento de Santander, por el sur con Paipa y Tibasosa, Por el Oriente con Santa Rosa de Viterbo y Floresta y por el Occidente con Paipa.

El municipio cuenta desde 1976 con uno de los primeros parques industriales de Boyacá llamado "la ciudadela parque industrial de Duitama" y al cual pertenecen un gran número de empresas como industrias de carrocerías, armadoras de automotores, ensamble de chasis para buses y camiones, plantas de metalurgia, fabricas de Agregados para construcción, alimentos,

comercio y servicios, adicional se encuentran empresas como gaseosas Postobón y la embotelladora Coca-Cola, también cuenta con una explotación minera a cielo abierto como lo es la mina de caliza de cementos argos, que representa la mayor actividad, seguido de pequeñas explotaciones de material de recebo y un pequeño porcentaje de minería bajo tierra para la explotación de carbón, a este municipio pertenece un significativo número de parqueaderos para transporte de carga pesada que son contribuyentes de emisiones de MP10 por la composición de su suelo.

### **Geografía y clima**

El municipio de Duitama cuenta con una extensión de 9168,0987 Ha en ecosistema páramo lo cual nos lleva a pensar en dichas áreas como Ecosistema Estratégico, los páramos son ecosistemas complejos, ubicados por encima de los 3.000 m.s.n.m. y constituyen ecosistemas estratégicos por su importancia biótica y ecológica; dado el aislamiento geográfico se caracterizan por una limitada cantidad de individuos por especie y alto grado de endemismo, de especies vegetales, de aves y anfibios que hace de los páramos uno de los biomas más importantes en cuanto a su protección y para estudio de ecología y evolución.; además de distinguirse por ser ecosistemas con características físicas únicas, son el laboratorio natural para el estudio de los organismos vivientes por ser uno de los pocos refugios existentes en el mundo de los periodos fríos y húmedos.

Su altura barométrica es de dos mil trescientos cincuenta metros (2.350 metros), sobre el nivel del mar, la temperatura promedio es de quince grados centígrados (15°C). Duitama tiene una humedad relativa promedio del 70%, con lluvias aumentadas en los meses de abril y octubre, que disminuyen sus precipitaciones en los meses de marzo, mayo y noviembre; los demás meses del año, son de tiempo generalmente seco.

Los páramos de Duitama se consideran ecosistemas estratégicos además, porque presentan suelos y vegetación indispensables para los ciclos de agua y vegetación; son ecosistemas muy vulnerables al uso antrópico del suelo. En ellos nacen importantes fuentes de agua dentro de las que contamos RIO LA RUSIA, Río Chontales, Río Surba, Río Chontal o Huertas, Río Negro, Río Surba, Río Chontal, los cuales todos hacen parte de la gran estrella Hidrográfica que tal como se aprecia en el mapa hidrográfico municipal tiene nacimiento dentro del ecosistema Páramo.

### **Uso Del Suelo**

La distribución de sus suelos principalmente corresponde a unidades definidas que hoy en día son relictos, caracterizados por su reciente formación, los que son altamente susceptibles de degradación por su baja consolidación, baja estabilidad estructural, baja saturación de bases intercambiables, es decir poco evolucionadas y presentan altos grados de acidez, altos contenidos de materia orgánica, baja profundidad efectiva, expuesto a drásticos cambios de temperatura y humedad, además su topografía es abrupta. Se presentan también áreas importantes con misceláneos rocosos. . La complejidad del ecosistema incluye suelos frágiles y erodables, clima de frío extremo, alta luminosidad, niebla durante la mayor parte del día, vegetación típica de pajonal, frailejonal y/o bosque achaparrado y condición como reservorio de agua principalmente.

Las zonas de alta montaña presentan limitados usos de su tierra, sin embargo, actualmente se presentan importantes intervenciones humanas en distintos ámbitos y ocupaciones.

Predominan las explotaciones minifundias en la producción de alimentos de primera necesidad y cultivos comerciales en menor escala. Utilizada para el cultivo de haba, frijol, arveja, maíz y papa, principalmente, también se presenta explotación ganadera en forma extensiva, al igual que actividades de pastoreo. La mala utilización del suelo pradera produce bajos rendimientos, por cuanto las características de estas zonas de alta montaña no son aptas para actividades agronómicas y pecuarias.

Duitama, está situada en el valle que riega el río Chicamocha, entre los causes de los ríos Surba y Chiticuy. En su mayor parte es territorio montañoso y corresponde a la cordillera oriental de sur a norte, formando estribaciones con los nombres de la Milagrosa, Cargua, la Tolosa y San José alto. Al igual que se destacan la cuchilla laguna y pan de azúcar y el páramo de la Rusia.

## Epidemiología

Duitama representa uno de los municipios más prósperos del departamento de Boyacá, razón por la cual desarrolla actividades industriales, agrícolas y artesanales de gran impacto para sus habitantes provocando relación directa con las enfermedades de consulta externa reportadas a la secretaria de salud.

A continuación se observa la Tabla 5, que muestra algunos de los factores que son causantes de la contaminación del ecosistema y que afectan varias zonas del municipio.

**Tabla 5. Contaminación Del Ecosistema**

LOCALIZACIÓN: ZONA O AREA	AGUA		AIRE			TIERRA	
	CONTAMINACION	DETERIORO	INDUSTRIAS (Ensamble de carrocerías, extracción mineral)	FUMIGACION	RUIDO	DRENAJES Y POZOS SEPTICOS	BASURAS
BARRIO JUAN GRANDE	X						
RONDA QUEBRADA AROMA	X	X					
RONDA RIO CHITICUY		X	X				
CANAL VARGAS			X				
CIUDADELA			X		X		
CRA 21-21						X	
PLAZA DE MERCADO						X	X
TOCOGUA				X		X	
CENTRO			X		X		

Fuente. Oficina de planeación área de medio ambiente, 2011.

## Morbilidad

La cuantificación de la morbilidad es un proceso que carece de datos precisos y que evidencia las dificultades en los sistemas de información en salud. El análisis que se presenta en este punto, toma en cuenta la información de los registros individuales de prestación de servicios organizados por las principales instituciones prestadoras de servicios de salud del municipio en perfiles epidemiológicos institucionales y que son consolidados para estimar la morbilidad de la población del municipio de Duitama.

**Tabla 6. Enfermedades Población De Menores De 5 A 14 Años**

ENFERMEADES	NIÑOS MENORES DE 5 AÑOS		NIÑOS DE 5 A 14 AÑOS		TOTAL ENFERMEADES
	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	
<b>RINOFARINGITIS AGUDA (RESFRIADO COMUN)</b>	961	1018	561	628	4015
<b>ENFERMEDAD DIARREICA AGUDA</b>	329	461	101	51	942
<b>LUXACION CONGENICA DE LA CADERA</b>	426	199	0	0	625
<b>CARIES DE LA DENTINA</b>	241	290	1014	1116	2661
<b>BRONCONEUMONIA</b>	146	146	0	0	292
<b>DESNUTRICION PROTEICO CALORICA</b>	123	129	0	0	252
<b>OTITIS</b>	111	128	0	0	239
<b>BRONQUITIS</b>	88	128	0	0	216
<b>INFECCION DE LAS VIAS URINARIAS</b>	120	77	93	46	336
<b>DERMATITIS NO ESPECIFICADA</b>	68	80	101	186	435
<b>RINITIS ALERGICA, NO ESPECIFICADA</b>	0	0	191	294	485
<b>PARASITOSIS INTESTINAL SIN ESPECIFICACION</b>	0	0	242	283	525

**Tabla 7. Enfermedades Población De 15-45**

ENFERMEDAD	FRECUENCIA MUJERES	ENFERMEDAD	FRECUENCIA HOMBRES
<b>Embarazo confirmado</b>	454	Traumatismos superficiales múltiples	80
<b>Astigmatismo</b>	154	Astigmatismo	65
<b>Hemorragia vaginal y uterina anormal</b>	92	Lumbago no especificado	60
<b>Obesidad</b>	86	Trastorno de disco lumbar; y otros con radulopatía	34
<b>Infección de vías urinarias</b>	82	Dolor abdominal localizado en parte superior	33
<b>Pterigión</b>	75	Pterigión	25
<b>Hipotiroidismo</b>	73	Varices escrotales	24
<b>Displasia cervical leve</b>	70	Traumatismo intracraneal	23
<b>Cefalea</b>	65	Hipertensión esencial	22
<b>Dolor pélvico y perineal</b>	63	Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso	22

Fuente. Perfil epidemiológico IPS, Duitama 2011.

La principal enfermedad que afecta a los niños menores de 5 años es la Rinofaringitis Aguda (resfriado común) con un total de asistencia médica de 1979 niños en el año 2011, seguido de enfermedades como la diarrea y la caries.

En la población de 5 a 14 años de edad las principales causas de consulta externa están representadas por caries de la dentina e infecciones respiratorias como Rinofaringitis, amigdalitis y bronconeumonía. Las Enfermedades gastrointestinales, las dermatitis atópicas y

trastornos de la refracción también se destacan dentro de las principales causas de consulta externa en este grupo de edad, (véase Tabla 6)

Dentro de las principales causas de consulta externa en las mujeres de 15 a 44 años se encuentran las causas de origen ginecobstétrico como supervisión de embarazos, hemorragias uterinas anormales, displasias cervicales, dolores pélvicos y perineales. En los hombres de este grupo de edad, se destacan consultas por traumas múltiples, dolores lumbares y radiculopatías. Los trastornos visuales se presentan en ambos sexos de este grupo de edad como las principales causas de consulta. Se resalta la presencia de hipertensión arterial para los hombres en este grupo de edad, (véase Tabla 7).

### **Actividad Económica**

Duitama es uno de los centros Industriales y Artesanales de la región. Esta ciudad es famosa por los huertos frutales de manzana, peras, duraznos, curubas, y ciruelas. En sus tierras también se cosechan; papa, trigo, maíz, frijoles, cebada y hortalizas.

Como cabecera de la provincia del Tundama, Duitama es reconocida por sus talleres artesanales que producen desde finas y elaboradas cestas, pasando por los pañolones de macramé hasta mobiliario de estilo rústico colonial. El empuje de sus industrias ha hecho de esta ciudad una de las más importantes en la construcción y ensamble de carrocerías. El sector comercio forma parte importante para el abastecimiento de la región, teniendo la más alta productividad por personas ocupadas. Las industrias dedicadas a la laminación reportan un índice significativo de lesiones por accidentes de trabajo; circunstancias que junto con la alta accidentalidad en las carreteras incide notoriamente en los determinantes de salud.

Un factor importante de la economía local es el transporte. El municipio es punto convergente de las vías de comunicación con diferentes poblaciones del Departamento y fuera de él; es centro y despegue de las diversas carreteras del Oriente Colombiano. El parque automotor que posee la ciudad se cataloga como el mejor del departamento y uno de los primeros en el ámbito nacional.

Duitama es un municipio estratégicamente ubicado en el corredor industrial del oriente colombiano. Este factor unido al de la violencia en las últimas décadas, ha desencadenado un aumento notorio en su población, hecho que se observa en el desplazamiento continuo hacia territorios de familias de otros municipios del departamento de Boyacá y departamentos vecinos.

El efecto de la superpoblación descrita ejerce una excesiva presión sobre los servicios públicos básicos y de salud y afecta de manera directa la calidad de vida en el Municipio, hecho que se traduce en problemas de desempleo, falta de cupos escolares, hacinamiento en zonas marginales y periféricas de la ciudad, inseguridad y problemas ambientales. Los niveles de aglomeración poblacional en el casco urbano, la contaminación ambiental, y de las fuentes de agua, son factores de riesgo que se generan accidentes, estrés, enfermedades cardíacas, respiratorias y gastrointestinales, (véase Tabla 8).

**Tabla 8. Indicadores Socioeconómicos**

SISBEN	NOMBRE DEL INDICADOR	2008	2009	2010	FUENTE
TOTAL	En edad productiva	21090	22400	23164	SISBEN DE DUITAMA 2011
	Tercera edad (60 años)	3677	3760	3808	
	Edad Escolar 5-18	9257	9979	10346	
	Menores en desprotección	45	53	60	
	Población pobre y vulnerable	21549	32549	32549	
DESEMPLEO SEGÚN AFILIADOS AL SISBEN					
	Hombres desempleados	289	440	151	SISBÉN DE DUITAMA DE 2011
	Mujeres desempleadas	151	252	124	
	Total de desempleados	440	692	275	
	Porcentaje de desempleados	00.61	1.97	0.38	
COBERTURA DE SANEAMIENTO BÁSICO					
	% de cobertura con acueducto	84.4	87.2	87.8	REGISTRADURÍA DEPARTAMENTAL DE BOYACÁ
	% de cobertura con alcantarillado	81.64	84.59	85.17	
	% de cobertura de aseo	97	Serviasseo		
	% de cobertura de agua potable	97	Serviasseo		

Fuente. Indicadores vitales de Duitama 2005 – 2010.

### 5.1.3. MUNICIPIO DE NOBSA

Nobsa se encuentra ubicado a 05°50' de latitud norte y 72°55' de longitud oeste, con una altura de 2510 msnm y una distancia de 195 km de Bogotá, pertenece a la provincia de Sugamuxi y limita al norte con los municipios de Santa Rosa y Floresta, al oriente con los municipios de Corrales y Tópaga, al occidente con Tibasosa y Santa Rosa De Viterbo y al sur con el municipio de Sogamoso.

En este municipio se ubican empresas de gran importancia ambiental por el desarrollo de sus actividades productivas como lo son Acerías Paz Del Río y Holcim de Colombia, además en esta zona se encuentran aproximadamente 189 hornos de calcinación de cal en jurisdicción de Nobsa y Tibasosa, que han incurrido significativamente al deterioro ambiental del valle de Sogamoso, convirtiéndose en la actualidad en un gran foco de contaminación que no ha podido ser controlado por falta de recursos económicos.

#### Geografía y Clima

Las condiciones climáticas para el Municipio son particulares y específicas determinadas por los factores climáticos y la localización geográfica. Nobsa se encuentra localizado en el piso andino con la siguiente caracterización: el municipio presenta en su microclima un comportamiento bimodal con un valor medio anual de 780.1 mm/año, siendo los meses más lluviosos Abril, Mayo y Octubre con valores de 104, 100, 103 mm respectivamente. Cuenta con una temperatura media de 15.2 °C con fluctuaciones entre 17.3 °C y 13.1 °C y una humedad relativa de 75 %.

Nobsa en sus formaciones geológicas posee gran potencial hídrico. Sus formaciones geológicas pueden clasificarse en acuíferos de alta productividad (depósito fluvio lacustre), acuíferos de baja productividad (formaciones Tibasosa y Belencito), acuitardos (formaciones Une, Girón y Cucho) y presencia de acuífero (formación concentración).

La red hidrográfica que baña y abastece el municipio cuenta con la subcuenca del río Chicamocha la cual recorre el municipio de Nobsa por el costado sur y constituye la principal fuente de abastecimiento para el casco urbano. Cuenta además con una red hidrográfica de nueve quebradas principales las cuales conducen un caudal escaso debido a su corta trayectoria y a la escasa precipitación del lugar. Estas son: Quebrada Penitente, Orqueta y Cereza, El Gavilán o Chámeza, Guáquira, San Antonio, Belencito o Tunguavita, las varonas, la Rastra y La Chorrera.

El municipio está conformado por una unidad fisiográfica dada por conjuntos que a su vez conforman asociaciones o consociaciones. Se destacan: Asociación Cantena, asociación lomas de Nobsa, consociación Nobsa, Consociación Ubaté, Asociación Nemocón, río Chicamocha. Estas unidades se diferencian de acuerdo a características muy propias dando lugar a fases. Su unidad fisiográfica del municipio está dada por conjuntos que a su vez conforman asociaciones o consociaciones. Se destacan: Asociación Cantena, asociación lomas de Nobsa, consociación Nobsa, Consociación Ubaté, Asociación Nemocón, río Chicamocha. Estas unidades se diferencian de acuerdo a características muy propias dando lugar a fases.

### Epidemiología

La salud de la población de Nobsa se ve afectada por múltiples factores que afectan sus condiciones de vida y a la vez aumentan los riesgos de enfermar. Es oportuno dimensionar las problemáticas en salud municipal desde un contexto regional, donde se determine aspectos relevantes sobre la situación de salud pública municipal y el acceso al sistema de salud, determinando aquellos elementos que afectan el bienestar del individuo y por consiguiente su salud física, mental y social. En la Tabla 9 se encuentra la frecuencia, factor de riesgos y tipo de enfermedad que afectan a los diferentes grupos poblacionales y que es asistida a través de consulta externa.

**Tabla 9. Contaminación Del Ecosistema**

LOCALIZACIÓN : BARRIO O VEREDA	AGUA		AIRE			TIERRA	
	CONTAMINACION	DETERIORO	INDUSTRIAS	FUMIGACION	RUIDO	DRENAJE SY POZOS SEPTICOS	BASURAS
SANTA ANA, CEREZAL Y ORQUETA	X			X			
CENTRO DE NOBSA	X	X	X				X
CAMILO TORRES		X	X				
CHAMEZA			X	X			
NAZARETH		X	X		X		
LAS CALERAS			X		X		X
UCUENGA	X	X					
PUNTA LARGA	X	X	X	X			

**Tabla 10. Enfermedades población menor de 14 años**

ENFERMEDADES	NIÑOS MENORES DE 1 AÑO		NIÑOS DE 1 A 4 AÑOS		NIÑOS DE 5 A 14 AÑOS		TOTAL ENFERMEDADES
	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	
<b>RINOFARINGITIS AGUDA (RESFRIADO COMUN)</b>	22	17	98	125	97	98	457
<b>DIARREA Y GASTROENTERITIS DE PRESUNTO ORIGEN INFECCIOSO</b>	0	0	48	69	0	0	117
<b>FARINGITIS AGUDA, NO ESPECIFICADA</b>	0	0	16	18	0	0	34
<b>BRONQUIOLITIS AGUDA, NO ESPECIFICADA</b>	6	6	0	0	0	0	12
<b>PARASITOSIS INTESTINAL, SIN OTRA ESPECIFICACION</b>	0	0	0	0	34	32	66
<b>OTITIS MEDIA</b>	6	8	29	31	0	0	74
<b>ASMA</b>	0	0	10	17	0	0	27

Fuente. Plan de desarrollo municipal Nobsa 2012-2015.

Como población vulnerable se encontró un gran número de casos reportados por medicina general acerca de enfermedades de índole respiratoria, afirmando la gran influencia sobre la salud que tiene las industrias que dentro de sus actividades generan contaminación atmosférica, (véase Tabla 10 y 11)

**Tabla 11. Causas de morbilidad**

AREA	ENFERMEDAD	FACTOR DE RIESGO
<b>URBANA</b>	Problemas pulmonares: resfriados, asma, bronquitis.	Clima, falta de cuidados, exposición a leña, fabricas
	Problemas intestinales: Diarrea, parásitos etc.	Malas condiciones en el agua, condiciones higiénicas inadecuadas en el hogar, manipulación inadecuada de los alimentos.
	Desnutrición.	Consumo de una dieta inadecuada, falta de orientación en alternativas nutricionales, falta de dinero.
<b>RURAL</b>	Problemas pulmonares: resfriados, asma, bronquitis.	Clima, falta de cuidados, exposición a leña, fabricas
	Problemas intestinales: Diarrea, parásitos etc.	Malas condiciones en el agua, condiciones higiénicas inadecuadas en el hogar, manipulación inadecuada de los alimentos.
	Cáncer en diferentes partes del cuerpo como estómago, matriz	Las personas solo se preocupan de ir al médico cuando están enfermas, tienen malos hábitos.
	Enfermedades gastrointestinales	inadecuados hábitos de alimentación inadecuada calidad del agua
	Enfermedades de la piel.	Contaminación del medio ambiente * baja calidad del agua * malos hábitos de higiene * presencia de alergias * uso prolongado pañal * uso inadecuado de elementos de protección en la agricultura.
	Accidentes en las minas	Los trabajadores no usan las medidas de protección indicadas



## **Actividad Económica**

La actividad económica mantiene sus bases en la industrialización de productos minerales, generando desarrollo del sector secundario de la economía especialmente por el aprovechamiento de productos del sector primario como la extracción y transformación de la roca caliza, considerada una actividad potencial para la gran industria y uno de los sectores deprimidos de la economía del municipio con un alto costo ambiental por la forma de explotación, también se evidencia una fuerte vocación agropecuaria natural sin explotación intensiva ni tecnificada. Nobsa actualmente tiene dentro de su jurisdicción varias de las empresas más prosperas y con mayor actividad industrial de la región, como lo son Acerías Paz Del Rio y Cementos Holcim, Cementos Argos, las empresas medianas como Colconcretos, Concretos Premezclados, Trituradoras. Dentro de la actividad industrial minera predomina la grande, pequeña y mediana industria, muebles en madera, los hornos de producción de cal, las empresas de asfalto, trituradoras, el sector artesanal, fundición y otras.

El Sector Terciario es más incipiente conformado por el comercio, turismo, la prestación de servicios técnicos, para industriales, tecnológicos y profesionales. En los últimos años de administración pública local, la generación de órdenes de trabajo y de prestación de servicios se ha constituido como una alternativa de generación de ingresos relativamente permanente para algunas familias que desarrollan actividades que no requieren mano de obra calificada.

### **5.1.4. MUNICIPIO DE TIBASOSA**

Tibasosa se encuentra ubicado a 05°47' de latitud norte y 72°59' de longitud oeste, con una altura de 2538 msnm y una distancia de 180 km de Bogotá, pertenece a la provincia del Sugamuxi y limita al norte con Duitama y Santa Rosa de Viterbo, al oriente con Nobsa y Sogamoso, al occidente con Paipa y al sur con el municipio de Firavitoba.

Dentro del municipio se desarrollan actividades de explotación de minerales como roca caliza, gravilla, granito, rajon y arena, las cuales son desarrolladas a cielo abierto generando gran impacto negativo sobre tibasosa debido a que algunas de estas explotaciones ya fueron abandonadas y no tuvieron ningún tipo de recuperación causando una pérdida de cobertura vegetal sobre el suelo, adicional ha esto existen procesos de cocción de caliza que han causado deterioro ambiental debido a las emisiones de gases y de material particulado generados por estas actividades.

### **Geografía y Clima**

Su clima es frío seco, su temperatura media es de 16° centígrados y una humedad relativa de 73 %. El área es de 94.3 Km<sup>2</sup>, 89.2 km en frío y 5.1 en páramo. El comportamiento de la precipitación señala dos épocas secas y dos de lluvias bien marcadas (régimen bimodal). Las épocas secas se presentan en los períodos de diciembre a marzo y junio a septiembre, mientras que las segundas se suceden en los bimestres de abril a mayo y octubre a noviembre. Del total anual precipitado, que en la zona es del orden de los 813 mm, el 27% se registra en el primer período lluvioso, el 26% en el segundo y el 47% restante, en los períodos secos. La precipitación máxima mensual a nivel multianual ocurre durante el mes de abril, con un promedio de 327 mm en las seis estaciones analizadas, destacándose Tibasosa, donde se registran 429 mm (52% del total promedio de lluvias en la zona de estudio durante el año) en tan solo este mes.

Tibasosa, pertenece a la cuenca hidrográfica del río Magdalena y a la subcuenca del río Chicamocha, la cual bordea sus tierras y recibe las aguas de todas las microcuencas del municipio. Las microcuencas más importantes son las de la Quebrada la Laja, Quebrada Grande, Quebrada el Hogar, Los drenajes de las veredas Chorro y Ayalas (Piedecuesta, Reserva y Buenavista), Cañada Ojo de Agua, Río Chiquito, Quebrada Los Frailes, Drenajes en La Vereda Las Vueltas, El Espartal y Boyera.

## USO DEL SUELO

La mayoría del suelo de Tibasosa es plano ya que el 35.47% se encuentra entre 0 -3%, este es el suelo que se puede destinar a agricultura mecanizada o intensiva y a ganadería estabulada, el 5% del área está entre 3 y 7%, lo cual se puede destinar a agricultura semiintensiva o semimecanizada con adecuaciones del suelo, el 22.12% entre 7 y 12%, y se podría destinar a agricultura manual, el 22.3% se encuentra entre 12 y 25% lo cual lo hace apto para realizar agricultura manual con cobertura vegetal permanente, el 12.9% se encuentra entre 25 y 50% apto para plantaciones forestales y conservación y el 2% tiene pendientes superiores al 50% y debe ser destinado exclusivamente a conservación.

## Epidemiología

El servicio de salud se presta en el municipio a través de la Empresa Social del Estado Inés Ochoa Pérez, quien presta el nivel uno de atención. El nivel 2 y especializado (3) se realiza en la ciudad de Sogamoso o Duitama. Actualmente, de acuerdo con las cifras que maneja la secretaría de Salud de Boyacá como se muestra en la Tabla 12 y 13, en Tibasosa se presenta los siguientes índices de morbilidad por consulta externa.

**Tabla 12. Enfermedades menores de 14 años**

ENFERMEDADES	NIÑOS MENORES DE 1 AÑO		NIÑOS DE 1 A 4 AÑOS		NIÑOS DE 5 A 14 AÑOS		TOTAL ENFERMEDADES
	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	
RINOFARINGITIS AGUDA (RESFRIADO COMUN)	30	42	49	48	32	32	233
DIARREA Y GASTROENTERITIS DE PRESUNTO ORIGEN INFECCIOSO	7	2	22	26	15	17	89
FIEBRE, NO ESPECIFICADA	4	6	8	4	0	0	22
CONJUNTIVITIS AGUDA, NO ESPECIFICADA	3	0	0	0	0	0	3
INFECCIONES DE VIAS RESPIRATORIAS SUPERIORES	0	0	15	14	7	7	43
TOS	2	6	0	0	0	0	8
AMIGDALITIS AGUDA, NO ESPECIFICADA	2	0	15	15	0	0	32
PARASITOSIS INTESTINAL, SIN OTRA ESPECIFICACION	0	0	15	12	29	31	87
BRONCONEUMONÍA	9	15	14	8	0	0	46

**Tabla13. Enfermedades población de 15 a mayores de 60 años.**

ENFERMEDADES	15 A 44 AÑOS		45 A 59 AÑOS		MAYORES DE 60 AÑOS		TOTAL ENFERMEDADES
	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	
<b>CEFALEA</b>	99	22	21	10	16	7	175
<b>CARIES DE LA DENTINA</b>	93	62	0	0	0	0	155
<b>RINOFARINGITIS AGUDA (RESFRIADO COMUN)</b>	45	10	0	0	0	0	55
<b>GASTRITIS, NO ESPECIFICADA</b>	102	40	46	16	65	26	295
<b>HIPERTENSION ESENCIAL (PRIMARIA)</b>	0	0	251	70	850	362	1533
<b>ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRONICA, NO ESPECIFICADA</b>	0	0	0	0	58	32	90

Según las anteriores tablas se observa que la principal enfermedad que afecta a los niños menores de 15 años es la Rinofaringitis Aguda (resfriado común) con un total de asistencia médica de 233 niños en el año 2011, seguido de enfermedades como la diarrea y los parásitos intestinales.

Para la población de 15 años a personas mayores de 60 años se observa que la hipertensión es la causa más común de asistencia médica con un total de 1533 personas enfermas para el año 2011, seguida de la gastritis, cefalea y enfermedades respiratorias.

La morbilidad en este municipio ha sido determinada por causas que en su mayoría se derivan de problemas como clima, exposición a leña, fábricas de producción de cal y explotación de materiales de construcción, sedentarismo, falta de cuidados higiénicos en la manipulación de alimentos, baja calidad de agua potable entre otros.

### **Actividad Económica**

La actividad económica del municipio de Tibasosa está centrada en la agricultura de tipo intensivo, con presencia de distrito de riego en la parte plana, con cultivos de cebolla cabezona, ganado lechero y de doble propósito, cuenta con un sector pecuario bastante moderado, y un sector industrial donde encontramos desde empresas grandes como Bavaria s.a, hasta pequeñas empresas como las fábricas de productos de feijoa, vidrio, arcilla yeso, asfalto, caliza, ornamentación y metales básicos de forja.

Actualmente el municipio cuenta en su jurisdicción con el 17.35 de establecimientos que se dedican a la industria, 535 al comercio, 28.5% a servicios y 1.1% a otra actividad.

#### **5.1.5. MUNICIPIO DE SOGAMOSO**

Sogamoso se encuentra ubicado al oriente del departamento de Boyacá a 05°42' de latitud norte y 72°55' de longitud oeste, con una altura de 2490msnm y una distancia de 228 km de Bogotá D.C, es la capital de la provincia de Sugamuxi y limita al norte con los municipios de Nobsa y Tópaga, al oriente con los municipios de Tópaga, Monguí y Aquitania, al sur con los municipios de Aquitania, Cuitiva e Iza y al occidente con los municipios de Tibasosa, Firavitoba e Iza.

Este municipio actualmente desarrolla en un gran porcentaje de actividades mineras, registrando 403 hornos para producción de ladrillo en su jurisdicción, 176 pequeñas y medianas industrias, y 14 grandes industrias dentro de las cuales se destacan las siderúrgicas Acerías Paz del Río, Siderúrgica Nacional SIDENAL y empresas productoras de cemento como HOLCIM, ARGOS Y ORIENTE, adicional a lo anterior la explotación y construcción de centros de acopio de carbón han aumentado, convirtiéndose en un factor significativo para la generación de PM10 y la gran circulación de vehículos de carga pesada que emiten a diario un gran porcentaje de gases contaminantes, razón por la cual se registra a nivel nacional como una de las zonas más contaminadas

#### **Geografía y clima**

Sogamoso está ubicado en el centro oriente del departamento de Boyacá, a una latitud de 5° 42' 57" Norte, a una longitud de 72° 55' 38" Oeste. Este se encuentra ubicado sobre la cordillera Oriental Colombiana, en la provincia de Sugamuxi, entre las coordenadas Norte = 1.109.000 – 1.130.000 m y Este = 1.122.000 – 1.145.000 m.

Se encuentra a una altitud cercana a los 2.600 metros sobre el nivel del mar. La altitud del municipio oscila entre los 2.500 y los 4.000 (m.s.n.m) metros sobre el nivel del mar. Encontrándose el punto más bajo en la vereda San José sector San José Porvenir metros debajo de CPR (Cementos Paz del Río) a 2.490 m.s.n.m. y el punto más alto en el pico Barro Amarillo en la vereda Mortiñal, que comparte con el Pico de Oro en la vereda las Cañas, ubicados ambos a 3.950 m.s.n.m. este último pico sirve de límite a los municipios de Monguí, Mongua y Sogamoso.

Durante los últimos años el nivel de precipitaciones se ha incrementado sustancialmente afectando al valle de Sogamoso sobre las áreas rivereñas al Río Chicamocha y el canal de Venecia, según información suministrada por el CLOPAD, para el año 2011 la huella de inundación corresponde a 358.9 Hectáreas.

#### **USO DEL SUELO**

La capacidad de uso y manejo de los suelos del municipio de Sogamoso está limitada por factores de tipo edáfico, topográfico, climático y por fenómenos relacionados con contaminación, explotación minera, condiciones de pobreza propias de la economía campesina. Los suelos son ácidos, pobres en fósforo y en otros nutrientes y el nivel de fertilidad es bajo en casi todo el Municipio, particularmente en ladera. El grado de susceptibilidad al deterioro es alto en las tierras de ladera, particularmente en condiciones de clima seco. En la zona plana hay suelos mal drenados y, en algunos sectores, hay afloramientos salinos por la influencia de las aguas termales que son comunes en áreas adyacentes.

El factor topográfico es una limitante importante para el uso pleno del recurso suelo. Escarpes y laderas muy inclinadas con relieve muy quebrado impiden el uso agrícola de los suelos y exigen mantenerlos protegidos con cobertura vegetal permanente.

El clima perturba las posibilidades de utilización del suelo por los entornos de temperatura baja y alta nubosidad que prevalecen en el páramo y por el déficit de humedad para las plantas, durante estaciones prolongadas del año, que ocurre en toda la provincia seca del Municipio.

Se presenta conflicto de uso alto, en las áreas donde se desarrolla la extracción de arcillas y producción de ladrillo en condiciones rudimentarias, como las que se llevan a cabo en las veredas La Ramada, Pantanitos y San José, por ser promotoras de gran parte de la contaminación atmosférica, la eliminación de la cobertura vegetal y la reducción de las fuentes hídricas. También presentan conflicto alto los sectores donde se desarrolla la extracción de arena principalmente en la vereda de Villita Malpaso, ya que esta actividad modifica negativamente el paisaje eliminando por completo la cobertura vegetal.

### **Epidemiología**

Sogamoso, es un área favorecida gracias a su considerable cantidad de bienes y servicios ambientales como el agua, paramos y humedales, bosques protectores, y la biodiversidad. La existencia de estos ecosistemas permite la formación de numerosas especies de flora y fauna silvestre, incluyendo especies amenazadas (cóndor de los andes, venado cola blanca, ranita arlequín y cucarachero de pantano), endémicas y/ promisorias. Los páramos son productores de agua y los bosques son reguladores de la oferta hídrica, en este caso especialmente en las cuencas altas manteniendo su calidad y representando una buena oferta para las poblaciones, sin embargo, presenta gran contaminación a sus ecosistemas, causando problemas de salubridad y deterioro de la calidad de vida de los habitantes, a continuación en la Tabla 14, se observa algunas de las causas y fuentes responsables de estos problemas ambientales.

**Tabla 14. Contaminación Del Ecosistema**

<b>AGUA</b>			
<b>LOCALIZACIÓN ZONA O AREA</b>	<b>CONTAMINACIÓN O CAUSAS PRINCIPALES</b>	<b>FUENTES RESPONSABLES</b>	<b>EFEECTO OBSERVADO</b>
Urbana y rural	Contaminación Domestica por vertimientos líquidos con carga orgánica	Población urbana y rural de Sogamoso Matadero	Degradación de aguas superficiales: Río Monquirá, Río Chicamocha, Canal de Venecia, Río Chiquito y Todas las corrientes superficiales del Municipio
Urbana	Contaminación Industrial por vertimientos líquidos con carga inorgánica (Aceites, Lubricantes, grasas, etc.)	Talleres, PYME Urbana, Minería	
Urbana	Contaminación por vertimiento de líquidos de origen hospitalario y de laboratorios (sustancias patógenas)	Hospitales, Clínicas y Laboratorios Clínicos.	
Rural	Contaminación Agrícola (fertilizantes, plaguicidas, y otros productos agroquímicos)	Agricultores	
Urbana y rural	Contaminación por disposición de basuras y residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, industriales y hospitalarios en fuentes de agua.	Población urbana y rural del Municipio	

AIRE			
Zonas industriales, Zonas Mineras, Zonas urbanas.	Contaminación del aire por la Emisión de gases de contaminantes de la industria, población y fuentes móviles (CO, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , OZONO, y Material particulado.	Cementos Paz Del Rio, Acerías Paz Del Rio, HORNASA, INDUMIL, 507 Chircales, 240 Caleras, fundiciones, fabricas de asfalto, canteras de arena, arcilla y calizas, PYME urbana, población urbana (estufas de carbón, establecimientos comerciales), hospital, fuentes móviles (vehículos), e incendios forestales	Índices de Calidad del aire con ligeras molestias para la población sana. Enfermedades del aparato respiratorio
Riberas de los Ríos, Lotes urbanos abandonados	Contaminación por la generación de olores de la inadecuada disposición de Basuras	Población urbana y Rural	
Ribera del Río Chicamocha, o plantaciones de cebolla cabezona y Sector Rural	Contaminación por el uso intensivo de agroquímicos(fungicidas, herbicidas e insecticidas)	Población agropecuaria	
Zonas industriales y áreas urbanas	Contaminación por Ruido	industria, automotores, explosivos y voladuras, sirenas, talleres, y comercio	Estrés, problemas auditivos, malestar de la población

Fuente. Secretaría de desarrollo y medio ambiente Sogamoso 2012.

La principal problemática ambiental de Sogamoso le concierne a las emisiones atmosféricas (véase Tabla 15), a pesar de que no sobre pasa los valores propuestos y establecidos en las normas sobre calidad del aire. La Red de Monitoreo de calidad del aire viene operando desde el año 2003, solamente 4 meses han registrado concentraciones por encima de los máximo permisible de la norma, en los meses de enero y febrero, producto de la incidencia de algunos otros fenómenos, como la quema de pólvora de fin de año y los incendios forestales que se producen en época de verano y la utilización de combustibles fósiles para el desarrollo de actividades industriales. Además de esto, Sogamoso por ser un municipio centro regional de las diferentes actividades industriales presenta algunos problemas en su calidad del aire, estos reflejados en los altos índices de las enfermedades respiratorias y cardiovasculares de la población.

**Tabla15. Contaminación Por Emisiones Atmosféricas**

TIPO DE EMPRESA	FUENTE	CO <sub>2</sub> (SOCIAL, 2011)	MP	COMBUSTIBLES UTILIZADOS
<b>CEMENTERAS Y PRODUCTOS DERIVADOS</b>	Hornos y molinos	x	X	Carbón y gas
<b>EMPRESAS DE TRITURACION</b>	Secador, molinos bolas, molino martillos, trituradora, tamizador	X	X	ACPM, eléctrico
<b>ESPECIALIDADES REFRACTARIAS</b>	Hornos, trituradoras, hornos rotatorio, molinos bola, tamizadora	X	X	ACPM, eléctrico
<b>FUNDICION</b>	Hornos, hornos crisol,	X		Coque, ACPM, aceite

	horno cubilote			
<b>INDUSTRIAS MADERA</b>	Sierras, hornos, cepillo, planadora, torno	X	X	Eléctrico, gas
<b>LAMINADORAS</b>	Hornos	X		Crudo, aceite quemado
<b>METALMECANICA</b>	Equipos soldadura, equipos corte, Horno	X		Eléctrico acetileno propano, gas
<b>PLANTAS DE ASFALTO</b>	Hornos quemadores	X		ACPM, Fuel oil
<b>PRODUCTOS ALIMENTICIOS</b>	1 Horno	X		ACPM
<b>SIDERURGICAS</b>	Hornos arco eléctrico, fragmenta, vehículos de carga	X	X	Eléctrico, ACPM
<b>TREFILADORA</b>	Hornos	X		ACPM
<b>LADRILLERAS</b>		X		Carbón coque

Fuente. Secretaría local de salud y seguridad social

Este conflicto ambiental se presenta básicamente en los barrios aledaños al área suburbana del municipio de Sogamoso. Las deficiencias del plan de ordenamiento territorial generan conflictos y problemas con el uso de plaguicidas en suelos de expansión urbana y la exposición de la comunidad a los agroquímicos vía respiratoria.

El perfil de morbilidad de Sogamoso se asemeja mucho al perfil de morbilidad departamental y nacional, vale la pena aclarar que el perfil presentado está sujeto a cambio ya que la información registrada en él, está con corte de noviembre de 2011, ya que varias de estas enfermedades son similares en los distintos rangos de edad se hizo la clasificación y en las Tablas 16 y 17, se caracteriza la morbilidad para la población de 0 a mayores de 65 años, que fueron reportadas por consulta externa los diferentes centro de salud del municipio.

**Tabla16. Morbilidad En Población Menor De 18 Años**

ENFERMEDADES	NIÑOS MENORES DE 1 AÑO		NIÑOS DE 1 A 4 AÑOS		NIÑOS DE 5 A 18 AÑOS		TOTAL ENFERMEDADES
	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	
<b>LUXACION CONGENITA DE CADERA</b>	387	248	57	30	0	0	722
<b>EDA</b>	254	312	128	158	0	0	852
<b>FIEBRE. NO ESPECIFICADA</b>	178	217	210	224	115	91	1035
<b>DERMATITIS NO ESPECIFICA</b>	110	120	92	92	162	107	683
<b>NAUSEA Y VOMITO</b>	50	63	94	77	0	0	284
<b>IRA</b>	0	0	622	741	1163	1150	3676
<b>CARIES DE LA DENTINA</b>	0	0	404	741	1093	933	3458
<b>POLIPARASITIS MO INTESTINAL</b>	0	0	161	162	549	451	1323
<b>RINITIS ALERGICA</b>	0	0	33	55	0	0	88

**Tabla17. Morbilidad En Población De 19 Años A Mayores De 65 Años**

ENFERMEDADES	19 A 44 AÑOS		45 A 64 AÑOS		MAYORES DE 65 AÑOS		TOTAL ENFERMEDADES
	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	
<b>IRA</b>	521	409	1099	424	606	274	3333
<b>HTA</b>	0	0	2094	632	3633	1530	7889
<b>CARIES DE LA DENTINA</b>	3249	896	588	250	267	150	5400
<b>GASTRITIS</b>	1276	215	743	184	812	271	3501
<b>DOLOR ABDOMINAL</b>	1411	207	294	207	278	236	2633
<b>DOLOR ARTICULAR</b>	0	0	598	127	1105	408	2238
<b>DIABETES MELLITUS</b>	0	0	1230	626	283	117	2256
<b>HIPOTIROIDISMO</b>	0	0	475	21	335	72	903

**Tabla18. Morbilidad General Sogamoso Año 2011**

ENFERMEDAD	FRECUENCIA	PORCENTAJE
<b>IRA</b>	44245	24,1
<b>DOLOR ABDOMINAL</b>	28831	15,7
<b>HIPERTENSION ARTERIAL</b>	17101	9,3
<b>DIARREA Y GASTROENTERITIS DE PRESUNTO ORIGEN INFECCIOSO</b>	16896	9,2
<b>GASTRITIS NO ESPECIFICADA</b>	14974	8,2
<b>LUMBAGO</b>	14260	7,8
<b>CEFALEA</b>	13493	7,4
<b>CARIES DENTAL NO ESPECIFICADA</b>	11647	6,3
<b>INFECCION DE VIAS URINARIAS, SITIO NO ESPECIFICADO</b>	11515	6,3
<b>HIPOTIROIDISMO</b>	5248	2,9
<b>DIABETES MELLITUS</b>	3856	2,1
<b>ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRONICA, NO ESPECIFICADA</b>	500	0,3
<b>OTROS DOLORES ABDOMINALES Y LOS NO ESPECIFICADOS</b>	472	0,3
<b>INSUFICIENCIA CARDIACA CONGESTIVA</b>	240	0,1
<b>DOLOR EN EL PECHO, NO ESPECIFICADO</b>	178	0,1
<b>TOTAL</b>	183.456	100

Fuente: IPS Municipio de Sogamoso 2011.

En Sogamoso para el año 2011, las cinco principales causas de morbilidad de 183.456 casos, se encuentra en primer lugar la Infección Respiratoria aguda con un 24.1%, Dolor abdominal con el 15.7%, Hipertensión Arterial con el 9.3%, HTA, Diarrea y Gastroenteritis con el 9.2% (véase Tabla 18).



En cuanto a la morbilidad sentida por la población se encontró que de las 35067 familias encuestadas a través del SICAPS 1415 refieren que algún integrante ha padecido alguna enfermedad de los siguientes grupos de enfermedades: infecciosas, cáncer, cardiovasculares, síntomas generales, genitourinarios, congénitos, de piel, gastrointestinales, neurológicos, endocrinos, respiratorios y traumas osteomusculares.

### Actividad Económica

La ubicación geográfica de Sogamoso específica, en gran medida, su posicionamiento como centro comercial y prestador de servicios, tanto a los concernientes a la Provincia de Sugamuxi, como al departamento de Boyacá en orden a una serie de proyectos de carácter transcendental, y al departamento de Casanare, con el cual se conservan múltiples nexos económicos, sociales y culturales.

Su actividad productiva se soporta en un amplio sistema que comprende actividades industriales, mineras y específicamente, de comercio y prestación de una amplia gama de servicios sociales, personales y comunitarios.

Según información del Censo de Población y Vivienda del año 2005, la economía del municipio de Sogamoso se encontraba conformada por un total de 7.824 Unidades Económicas, cuya distribución por actividad es la siguiente: 4.411 establecimientos de comercio; 2.260 establecimientos de servicios, incluidas las actividades de construcción; 730 industrias; 295 establecimientos dedicados a otras actividades económicas; y 89 Unidades Económicas Auxiliares, entre las cuales se agrupa una Gerencia y 88 más entre bodegas, puntos de venta o distribución, talleres de mantenimiento, centros de atención al cliente (servicios y/o orientación) y otras similares (véase Tabla 19). Adicionalmente fueron contabilizadas un total de 39 Unidades Económicas que no suministraron la información relacionada con la actividad económica que desarrollaba cada una.

**Tabla19. Indicadores Socioeconómicos**

DISTRIBUCION DE SERVICIOS PUBLICOS					
SERVICIO PÚBLICO DOMICILIARIO	URBANO		RURAL		
	NUMERO	% Cobertura	Número	% Cobertura	
Viviendas con servicio de Acueducto	24.777	99,03%	3.181	67,65%	
Viviendas con servicio de Alcantarillado	24.512	97,97%	1.203	25,58%	
Viviendas con servicio de Energía Eléctrica	24.727	98,83%	4.126	87,75%	
Viviendas con servicio de Telefonía Fija	15.629	62,47%	815	17,33%	
Total Viviendas Censadas	25.020		4.702		
POBLACION EN CONDICION DE DESPLAZAMIENTO					
INDICADOR		2008	2009	2010	2011
POBLACIÓN DESPLAZADA	PERSONAS RECIBIDAS		99	209	38
	TOTAL POBLACION DESPLAZADAS (ACUMULADO)	1826	1925	2134	2172

Fuente. Asis sogamoso 2011.

## 5.2. Evaluación de las principales problemáticas de la calidad del aire

### Determinación de las mayores áreas urbanas

La definición del sistema de vigilancia y calidad el aire – SVCA numeral 4 y 5.1. del Manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire, para el corredor industrial Paipa, Duitama y Sogamoso, establece como mayores áreas urbanas a Duitama y Sogamoso, las cuales cuentan con poblaciones de más de cien mil habitantes y con problemáticas ambientales significativas, por lo que el SVCA se define de acuerdo a la problemática local de todos los municipios siguiendo los parámetros establecidos por el protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire en sus manuales de diseño y operación.

**Tabla20. Mayores áreas urbanas y su problemática principal**

MUNICIPIO	POBLACIÓN (hab), SEGÚN CENSO DANE 2005	PROBLEMÁTICA PRINCIPAL
<b>Sogamoso</b>	<b>117094</b>	Desarrollo de actividades industriales(producción de acero, cemento, ladrillo), parque industrial y tránsito de vehículos de carga pesada
<b>Duitama</b>	<b>105407</b>	Desarrollo de minería a cielo abierto y bajo tierra, tránsito y parqueo de vehículos de carga pesada, parque industrial
<b>Paipa</b>	<b>27766</b>	Desarrollo de actividades Termopaipa y Gensa, explotaciones mineras, tránsito de vehículos de carga pesada,
<b>Nobsa</b>	<b>15194</b>	Explotaciones mineras, desarrollo de actividades industriales(producción de cal, asfalto y cemento)
<b>Tibasosa</b>	<b>12626</b>	Explotaciones mineras

La cantidad de habitantes que observamos en la tabla 20 y las problemáticas ambientales a las que se enfrenta cada uno de los municipios que integran el corredor industrial Paipa - Duitama - Sogamoso, fueron en su momento razón suficiente para las entidades ambientales en la formulación de la red de vigilancia de calidad del aire del valle de Sogamoso, pero con el crecimiento poblacional de estos municipios y la ampliación de actividades industriales surge la necesidad de su reformulación y la ampliación de su cobertura ya que en esta red no se encuentran incluidos algunos sectores del municipio de Nobsa que son grandes contribuyentes de MP10 y gases contaminantes y el municipio de Duitama el cual tiene gran afluencia de transporte de carga pesada, además cuenta con un parque industrial y en unos años con el terminal de carga más grande de Colombia, que es razón suficiente para la creación de una estación móvil para la vigilancia de emisiones de fuentes móviles. De lo anterior se determina como las mayores áreas urbanas a Duitama y Sogamoso, las cuales cuentan con poblaciones de más de cien mil habitantes y con problemáticas ambientales significativas.

### **Definición del dominio y tipo de sistema de vigilancia de la calidad del aire**

Para la zona de estudio se define como una escala de monitoreo REGIONAL, la cual integra áreas urbanas como lo son Paipa, Duitama, Tibasosa, Nobsa y Sogamoso dentro de las cuales están sujetas algunas de sus veredas y corregimientos que de acuerdo al eje vial que las conecta, entre municipio y municipio se supera una distancia de más de 58 km y para cada estación se tienen distancias de más de tres kilómetros entre cada una.

Por la complejidad del área de cada municipio con respecto a las actividades productivas que en cada uno se desarrolla se debe conformar sistema de vigilancia de calidad del aire de tipo especial (SEVCA) definido en el numeral 5.6. del Manual de diseño, considerando que para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire se deben poseer las siguientes características: establecer estaciones para determinar las concentraciones más altas en el dominio del SEVCA, para determinar el impacto en la calidad del aire de fuentes significativas, determinar concentraciones generales de fondo, de soporte a estudios epidemiológicos, de transporte regional de contaminantes entre áreas pobladas y estaciones para estudios de especiación y aplicación de modelos de receptor.

### **Definición de objetivos del SEVCA**

Siguiendo el alcance y los recursos disponibles por CORPOBOYACÁ, la Red de Calidad del Aire en el Valle de Sogamoso y Paipa fue establecida de acuerdo a los siguientes lineamientos sugeridos por la Organización Mundial de la Salud y la US- EPA:

- Informar a la comunidad sobre la calidad del aire y crear conciencia sobre la contaminación.
- Evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad del aire.
- Observar las tendencias de polución en la región del Valle de Sogamoso y Paipa.
- Orientar políticas de desarrollo y priorizar acciones de prevención y control

A continuación se describirá cada uno de los objetivos según las condiciones de la zona de estudio y del desarrollo que CORPOBOYACÁ ha logrado en cada uno de estos:

#### **Informar a la comunidad sobre la calidad del aire y crear conciencia sobre la contaminación.**

Su desarrollo se enfoca en el mantenimiento y actualización de datos reportados a la RVCA en el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRe, que permite la vigilancia y el control del índice de calidad del aire, además se cuenta con publicaciones mensuales en la página de Corpoboyacá sobre el comportamiento de los diferentes contaminantes reportados por cada una de las estaciones de monitoreo, adicional a lo anterior el municipio de Paipa cuenta en estos momentos con un pantalla en el parque central que reporta diariamente el estado del material particulado MP10, sin embargo es necesario que se implementan pantallas de este tipo en los municipios de Duitama y Sogamoso, ya que son unas de las ciudades con mayor número de pobladores y con grandes actividades industriales.

Para concientizar a la población de deben realizar foros acerca de los problemas de contaminación y que las empresas que son causantes de estos problemas tengan dentro de sus planes de manejo acciones de acercamiento con la comunidades a través del desarrollo de programas que generen ejercicios sobre temas de preservación de los recursos y mejoramiento de la calidad del aire.

### **Evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad del aire.**

Está basado en la determinación y medición de las concentraciones de PM10, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, de acuerdo a las estaciones ya establecidas por Corpoboyacá, que por estudios y monitoreos realizados anteriormente son los contaminantes que en mayor concentración son emitidos por las actividades industriales. A través del establecimiento de este objetivo se pretende, la toma de acciones y la implementación de controles por parte de la autoridad ambiental para el cumplimiento de la legislación ambiental colombiana que establece el la resolución 610 de marzo del 2010 los niveles de inmisión para la calidad del aire, contenidos en la tabla 21.

**Tabla 21. Niveles Máximos Permisibles Para Contaminantes Criterio**

CONTAMINANTE	NIVEL MAXIMO PERMISIBLE (µg/m3)	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
<b>PST</b>	100	ANUAL
	300	24 HORAS
<b>PM10</b>	50	ANUAL
	100	24 HORAS
<b>PM2,5</b>	25	ANUAL
	50	24 HORAS
<b>SO2</b>	80	ANUAL
	250	24 HORAS
	750	3 HORAS
<b>NO2</b>	100	ANUAL
	150	24 HORAS
	200	1 HORA
<b>O3</b>	80	8 HORAS
	120	1 HORA
<b>CO</b>	10000	8 HORAS
	40000	1 HORA

Fuente. Resolución 610/2012

### **Observar las tendencias de polución en la región del valle de Sogamoso, Duitama y Paipa.**

Para la ejecución de este objetivo se enfoca en las acciones de operación de la RVCA, teniendo en cuenta que es la base del monitoreo, debido a que en esta fase se encuentra el procesamiento de datos, la organización de la información, manejo de las muestras, que son vitales para que se pueda tener validez de las lecturas y se pueda dar un diagnóstico preciso acerca de las tendencias de los índices de contaminación atmosférica de la zona de estudio.

Para esta red de calidad del aire se adquirieron analizadores automáticos. La información que genera este sistema de vigilancia, permite evaluar el comportamiento

de los contaminantes atmosféricos, tanto en el tiempo como en el espacio. Además, por la confiabilidad y oportunidad de los datos que genera, se emplea para definir políticas y estrategias de prevención y control de la contaminación, al igual que para evaluar la eficacia de los programas que se implanten. Estos analizadores proporcionan mediciones para contaminantes como (SO<sub>2</sub>, CO, TSP, PM<sub>10</sub>).

Las concentraciones de los contaminantes medidos en los equipos automáticos son almacenadas en un datalogger dispuesto en cada estación que maneja un programa en ambiente D.O.S y genera archivos diarios con una configuración determinada. Los archivos se almacenan temporalmente en CD para luego ser transferidos a un computador central, para ser trabajados y analizados mes por mes en Excel, generando informes mensuales a cerca de la tendencia en el comportamiento de los contaminantes en el aire, este informe debe contener la siguiente información:

1. Introducción
2. El comportamiento del día típico de cada uno de los contaminantes monitoreados
3. Comparación con la norma
4. Índices diarios de calidad del aire
5. Análisis de los índices diarios de calidad del aire
6. Actividades desarrolladas en el mes
7. Conclusiones y recomendaciones

### **Orientar políticas de desarrollo y priorizar acciones de prevención y control.**

Para la ejecución del objetivo se tuvo en cuenta el plan de acción que fue generado para las redes de monitoreo de contaminantes definidas en la política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire del año 2010, adicional a lo anterior Corpoboyacá dentro de su plan de acción 2012-2015 tiene programas que apuntan a la creación de medidas para la vigilancia, la prevención y control de la contaminación en los corredores industriales del departamento.

Algunos de los proyectos más importantes para mejorar el estado de la red son los siguientes:

#### **▪ FONDO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**

PROYECTO: "Optimización, sistematización y adquisición de equipos para el fortalecimiento de la red de monitoreo de la calidad del aire en la jurisdicción de Corpoboyacá, departamento de Boyacá, con el fin de diagnosticar el estado actual del recurso aire y determinar planes de acción para la adaptación del cambio climático".

En este proyecto se pretende definir:

- **Los niveles de prevención, alerta y emergencia, establecimiento de medidas de atención de episodios:** Estos estados excepcionales de alarma deben ser declarados por las autoridades ambientales en consulta con las autoridades de salud, cuando se presenten episodios que incrementen la concentración y el tiempo de duración de la contaminación atmosférica, de acuerdo a lo previsto en la norma de calidad del aire definida; tienen como objetivo detener, mitigar o reducir el estado de concentración de contaminantes que dan lugar a la declaratoria y de esta lograr el restablecimiento de las condiciones más favorables

para la comunidad.

- **Producción más limpia:** La producción más limpia debe ser dirigida a solucionar problemas de al interior de las empresas previniendo la contaminación hacia el exterior, esto se logra a través de la adecuación de los procesos productivos con actividades como:
  - El establecimiento de medidas dirigidas hacia la reducción de emisiones contaminantes
  - La adopción de sistemas de gestión ambiental
  - La creación y el fortalecimiento de una Ventanilla Ambiental encargada de manejar las relaciones entre sector industrial y CORPOBOYACA, a través del establecimiento de documentos, capacitación, apoyo institucional, etc.
  - Apoyo a la reconversión de tecnologías
  - Implementación de dispositivos de control atmosférica (recolección mecánica seca, recolección mecánica húmeda, filtración o precipitación electrostática).
- **Comunicación y Participación Social:** Es importante la participación activa de la población en la formulación y aplicación de políticas ambientales en torno al control de la contaminación atmosférica, debido a que tradicionalmente estas políticas han estado en manos de técnicos o profesionales, ignorando la percepción de la sociedad y sus posibles aportes en el mejoramiento de su calidad de vida. Con la participación ciudadana se busca crear conciencia y reconocimiento que los efectos adversos generados en el ambiente, no se deben exclusivamente a problemas técnico/científicos, sino que cada vez son en su mayoría influenciados por el desarrollo de actividades antrópicas.
- **Establecimiento de Medidas de Comando y Control:** La adopción de medidas de comando y control se constituyen en la esencia de las estrategias para la gestión de la calidad del aire e implica el establecimiento y aplicación de normas de emisiones, la concesión de licencias a las fuentes de emisiones, el monitoreo y reporte de las emisiones y las sanciones por incumplir las condiciones estipuladas en las licencias, buscando básicamente direccionar los intereses individuales a favor de los públicos.

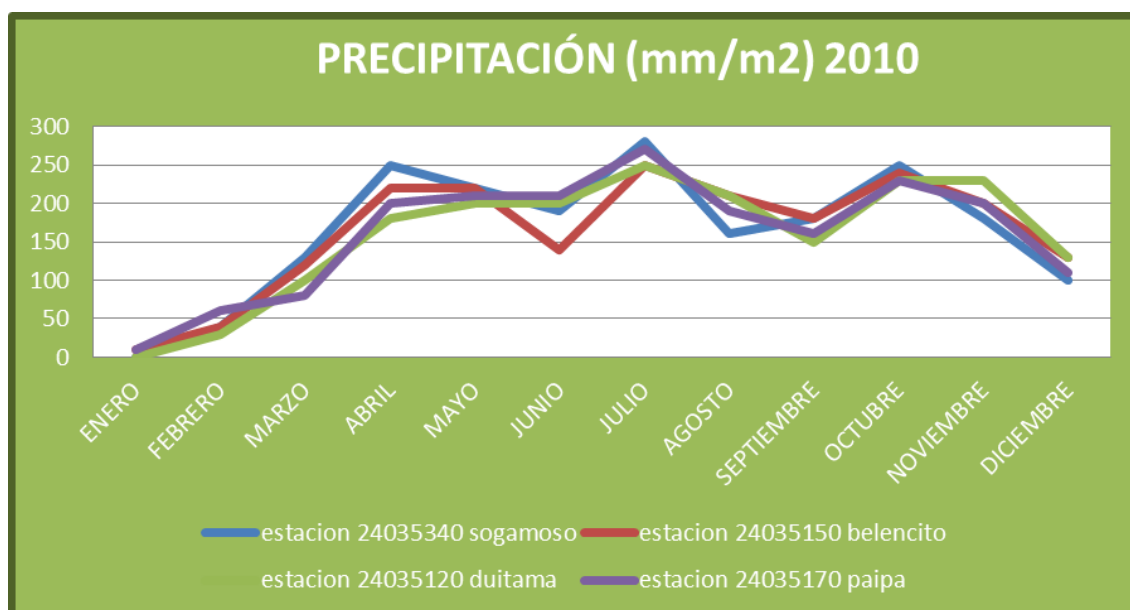
Es importante que CORPOBOYACA establezca la norma de calidad del aire para el Valle de Sogamoso, basándose en las condiciones topográficas y climatológicas de la zona y los niveles de emisión de contaminantes y que se oriente a la protección de la salud y de la calidad de vida de la comunidad.
- **Instrumentos Económicos:** La aplicación de estos busca reducir los costos de operación para reducir la contaminación; han sido definidos como incentivo importante y de aplicación inicial en el Valle de Sogamoso se pueden implementar subsidios, líneas de créditos o exención de impuestos en la declaración de impuestos por el desarrollo de actividades enfocadas a la protección de la calidad del aire (reconversión tecnológica, sistemas de control, reformulación de procesos, cambio de combustibles, etc.); estos podrán hacerse efectivos mediante acuerdos Interinstitucionales entre CORPOBOYACA y el departamento de impuestos nacionales.

Algunos programas orientados hacia la difusión en la sociedad del estado de las condiciones de la contaminación atmosférica, realizados desde las autoridades ambientales y los diferentes sectores productivos la incorporación de una estrategia dirigida hacia la información, educación ambiental y participación social donde se contemplen acciones como:

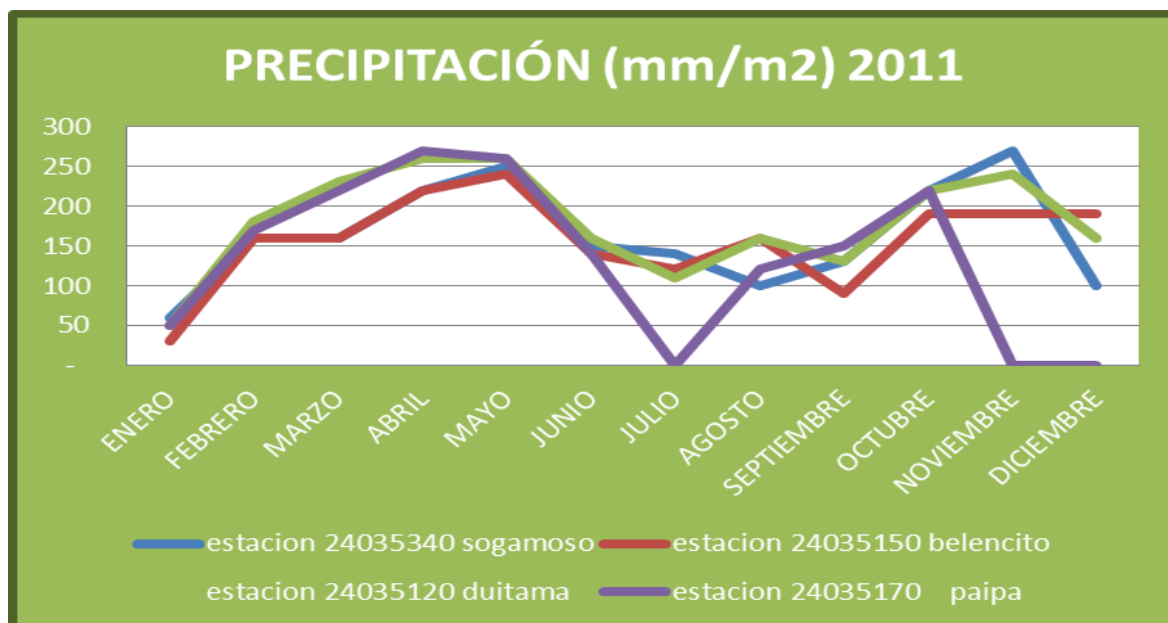
- “Mi industria, tu industria”: creación de un programa que permita a través de esta acción, buscar que los diferentes sectores informen a la comunidad en general de los diferentes procesos productivos, sus beneficios, sus impactos y sus aportes al desarrollo económico de la región..
- “Para saber que respiras..., conoce tu aire (RMCA)”: Divulgación en medios de comunicación masiva (periódico, televisión, radio, pagina web, etc.), del sistema de seguimiento de la calidad del aire (RMCA), la importancia de su operación, los índices de calidad del aire, su explicación y toda la información que permita a la comunidad en general conocer los niveles de concentración en el aire y los posibles perjuicios que podrían estarse generando para su salud.
- “Ventanilla Ambiental para el Corredor Industrial”: Creación del centro de documentación, divulgación e información de la gestión pública ambiental con posibilidad de retroalimentación e incorporación de nuevas iniciativas por parte de la comunidad, a través de la sectorización de los diferentes gremios productivos

### 5.3. ANÁLISIS METEOROLÓGICO

A continuación se muestra la tendencia meteorológica que se observó en las siguientes estaciones meteorológicas pertenecientes al IDEAM y que se encuentran con las más detalle en los Anexos M y O: en el municipio de Sogamoso la estación Alberto Lleras Camargo, en Nobsa la estación de Belencito, en Duitama Surbata Bonza y en Paipa Tinguavita, para lo cual se procedió a realizar la compra de cada uno de los parámetros requeridos para el estudio. Dentro de las variables a analizar se encuentran: precipitación, temperatura, humedad, brillo solar y humedad, factores de relevancia en la dispersión de contaminantes. En cuanto a las direcciones y velocidad del viento se realizó un análisis general por el número de datos que se encuentran en las estaciones meteorológicas Belencito, Surbata - Bonza en Duitama y Tinguavita en Paipa para el años 2010 y 2011.

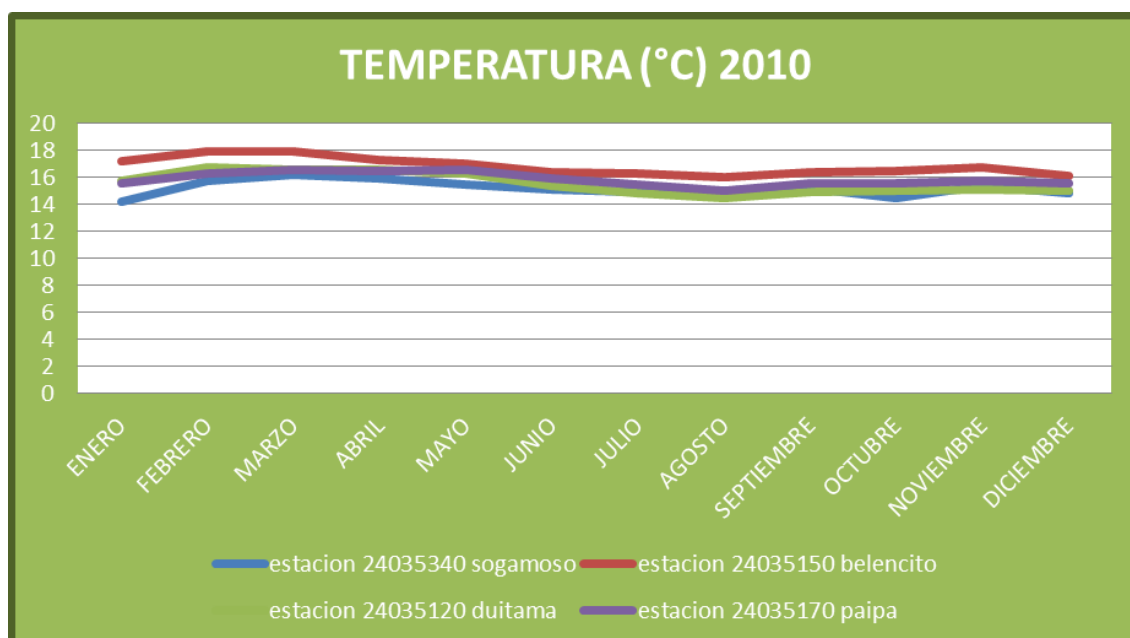


**Figura 4. Precipitación año 2010**



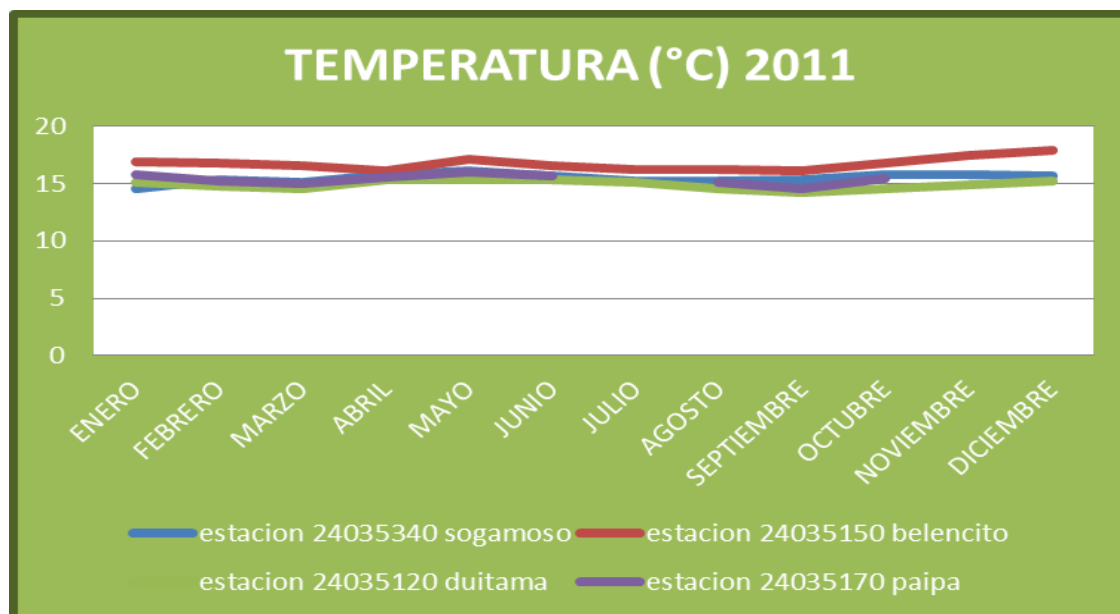
**Figura 5. Precipitación año 2011**

Para los años 2010 y 2011 se observa que la mayor precipitación se presenta en la estación meteorológica ubicada en el municipio de Sogamoso, siendo este junto con Tibasosa los más lluviosos. Para toda la zona se determina que las precipitaciones aumentan para los meses de marzo, abril, septiembre y octubre, siendo estos los meses de épocas lluviosas y la precipitación disminuye para los meses de junio, julio, agosto, noviembre y diciembre convirtiéndose en las épocas secas del año, (véase Ilustración 4 y 5).



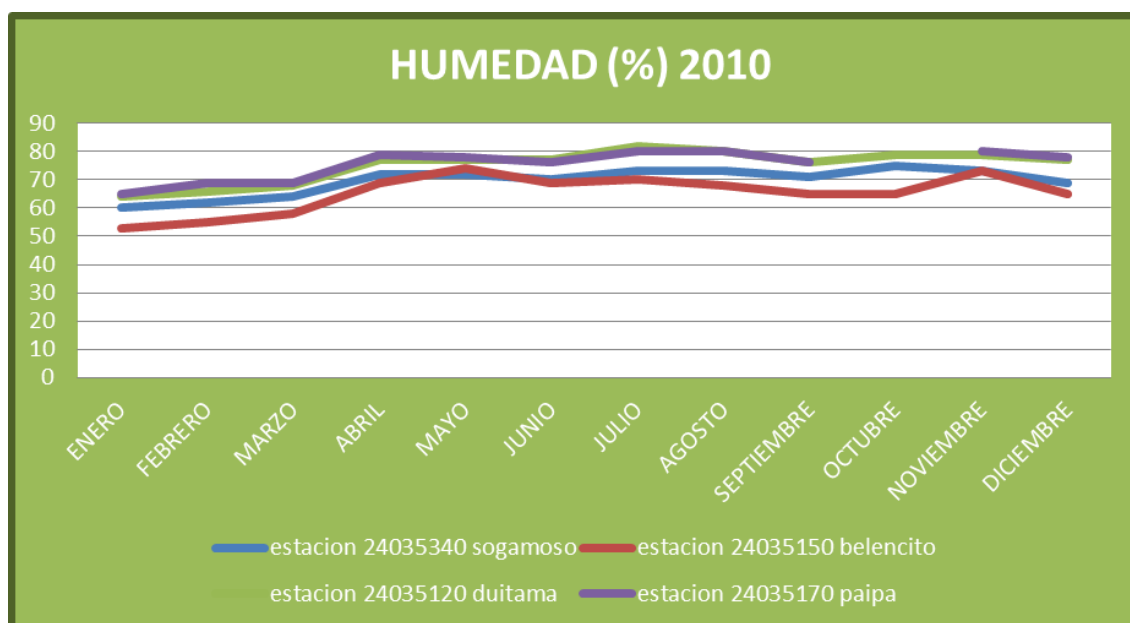
**Figura 6. Temperatura año 2010**



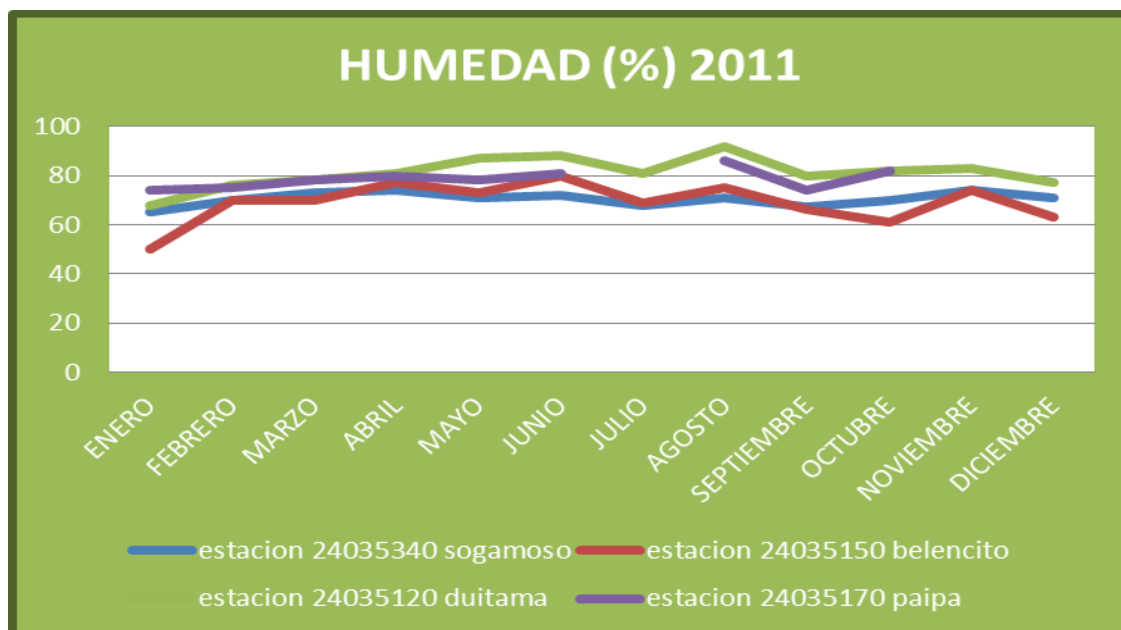


**Figura 7. Temperatura año 2011**

La temperatura para todas las estaciones por ser una zona fría del país, debido a la altura sobre el nivel del mar, se mantiene entre los 15 y los 18 grados centígrados, se observa que tiene en algunos meses un comportamiento inverso a la precipitación, para los meses de épocas lluviosas, disminuye la temperatura y en épocas secas, aumenta este factor climático, además dentro de los municipios se determina Nobsa como el más cálido con una temperatura máxima de 17.9°C, para los años de 2010 y 2011 por su ubicación geográfica y a Duitama con una temperatura mínima de 14.2°C para 2010 y 2011 como el más frío (véase Ilustración 6 y 7).

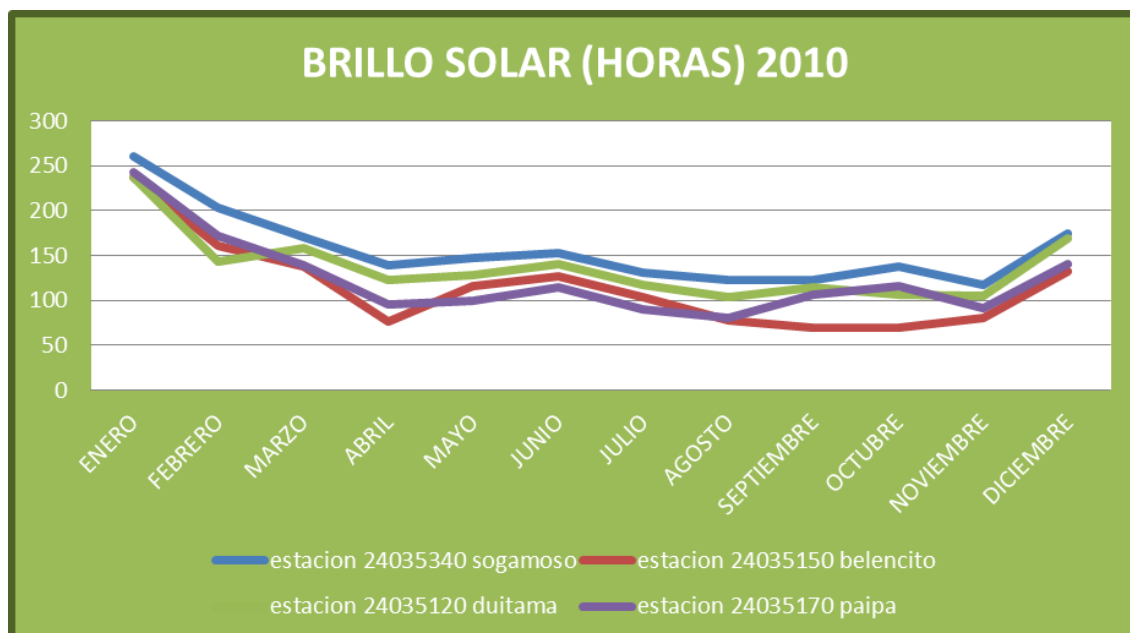


**Figura 8. Porcentaje de humedad año 2010**

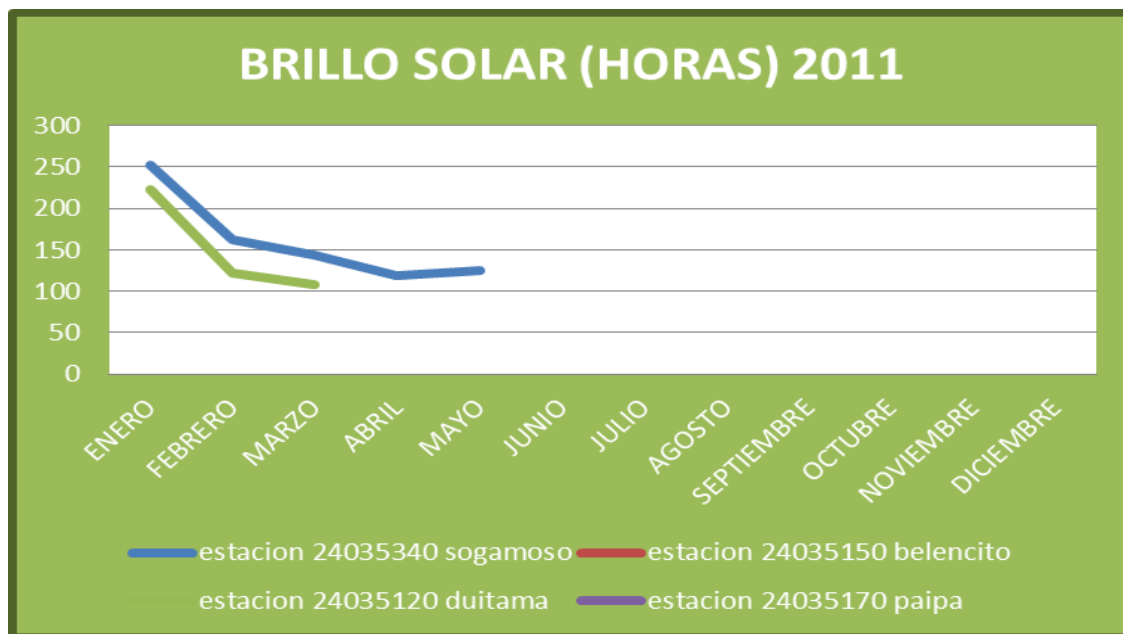


**Figura 9. Porcentaje de humedad año 2010**

Al igual que en los meses que se aumenta o disminuye la precipitación, la humedad tiene un comportamiento similar, sin embargo en municipios como Duitama al tener una temperatura más baja su humedad es mayor y en Nobsa al ser más cálido presenta un porcentaje menor en su humedad. Es de resaltar la influencia que tiene el porcentaje de humedad sobre la contaminación atmosférica ya que cuando esta aumenta existe la posibilidad que si hay gran número de emisiones de contaminantes se mezclen formando ácidos, que son causantes de problemas de la piel, daño celular, dificultad para respirar y lluvia ácida (véase Ilustración 8 y9)

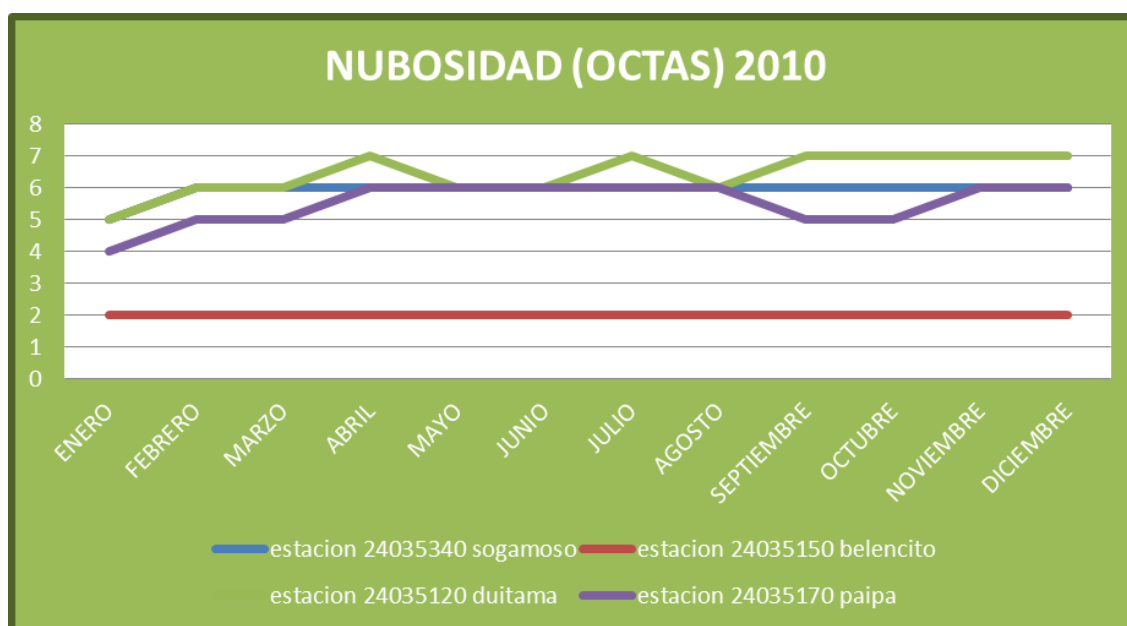


**Figura 10. Brillo Solar Año 2010**

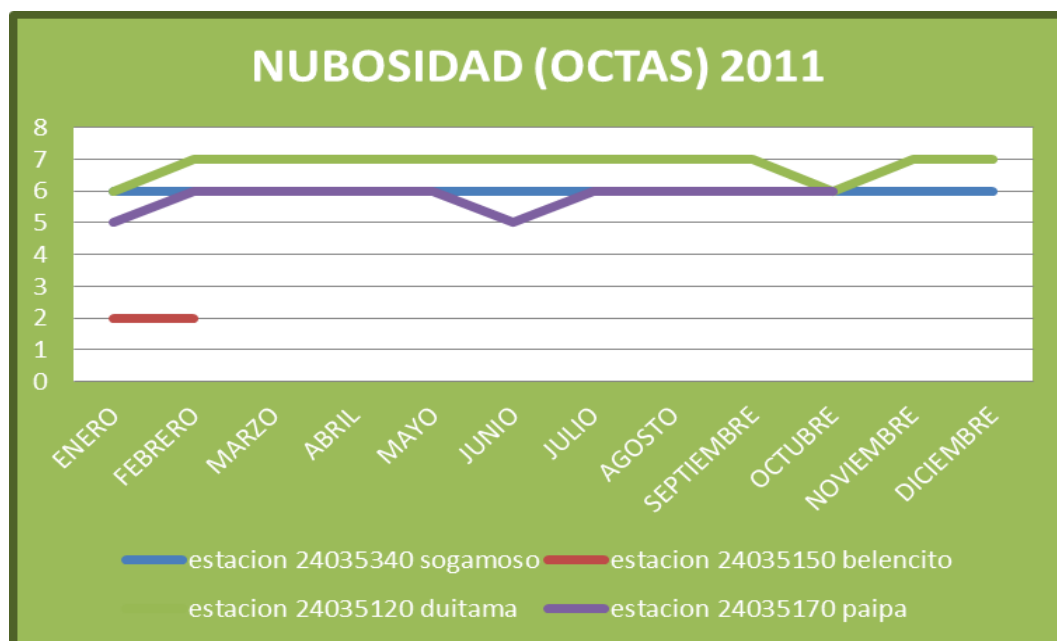


**Figura 11. Brillo Solar Año 2011**

Se observa para el años de 2010 un número significativo de mediciones, mientras que para 2010 solo se registraron datos en la estación de Sogamoso y en Duitama para algunos meses. Se observa que en el 2010 el brillo solar tiene el mismo comportamiento que la precipitación, siendo un indicador de días despejados y nublados en la zona (véase Ilustración 10 y 11),



**Figura 12. Nubosidad año 2010**



**Figura 13. Nubosidad año 2011**

Se observa que para todo el año de 2010 la nubosidad en Nobsa fue la menor de toda la zona y se mantuvo constantes durante todo el año. Mientras que en Duitama la nubosidad fue mayor, indicando otro factor de semejanza con la temperatura. Paipa, Sogamoso y Tibasosa se mantiene con una nubosidad característica de su temperatura. Con la nubosidad también se puede observar que días fueron soleados y cuáles no (véase Ilustración 12 y 13)

### Vientos

Por otra parte, en cuanto a las características del viento, se destaca para los municipios de Tibasosa y Sogamoso vientos con una velocidad promedio de 2.9 m/s y en direcciones que provienen, principalmente, del NE y SE de estos municipios debido a la influencia de los vientos alisios y la topografía de la zona. Para el municipio de Nobsa en el 2010 se registraron vientos con velocidad de 3.6 m/s en direcciones NE y SE. En el municipio de Duitama se registran velocidades de 4.5 m/s en direcciones NW y SE, y para el municipio de Paipa la velocidades se encuentran en un promedio de 4.5 m/s en direcciones SW Y SE.

### 5.4. Lineamientos de diseño del sistema de vigilancia de calidad del aire

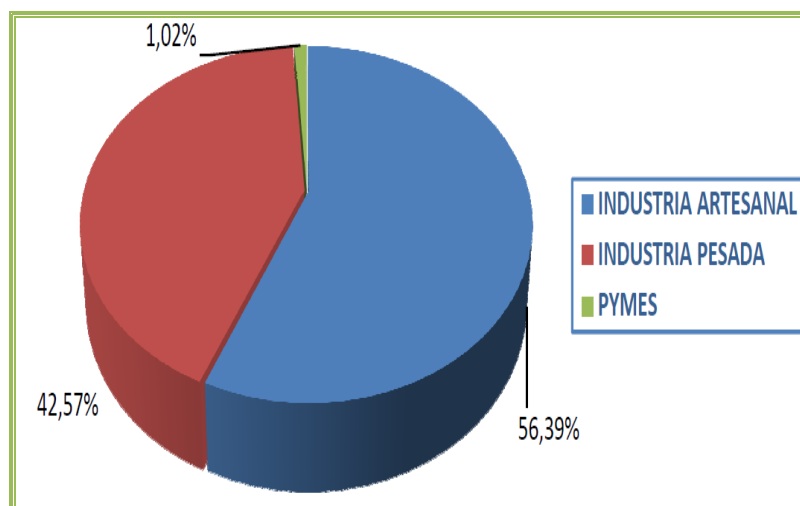
En esta fase del proyecto se hizo necesario revisar los antecedentes de las emisiones reportadas por las estaciones de la red de monitoreo desde 2004 hasta 2009, actualizando el número de fuentes de emisión del municipio de Paipa y Duitama. Para los años 2010 y 2011 se procedió a realizar un análisis estadístico a través de boxplot e isopletras, esto para saber el alcance de monitoreo que tiene actualmente la red.

### 5.4.1. ANÁLISIS DE EMISIONES

#### FUENTES FIJAS Y DISPERSAS

##### Emisiones por actividad

Para el municipio de Nobsa, Sogamoso y Tibasosa Corpoboyacá nos suministró los factores de emisión donde se concluyó:



**Figura 14. Porcentaje de emisión de MP10 por sector industrial (Estudio Corpoboyacá- u. de la Salle, 2010)**

En la Ilustración 15, se puede observar que las mayores emisiones de MP10 se presentan en el desarrollo de actividades de la industria artesanal las cuales están divididas en el municipio de Nobsa con 132 fuentes puntuales de emisión por actividad de producción de cal, 374 fuentes puntuales en el municipio de Sogamoso por actividad de producción de ladrillo, 28 fuentes por explotación de carbón bajo tierra, 24 fuentes de explotación de arena a cielo abierto y 164 puntos por explotación de arcilla a cielo abierto, siendo este sector al más representativo en el nivel de MP10 en la zona de estudio, además de ser el menos fácil de controlar por parte de la autoridad ambiental debido a los ingresos económicos del sector.

Para la industria pesada encontramos que Nobsa cuenta con un mayor número de puntos de emisión que Sogamoso (véase Tabla 22).

**Tabla 22. Número de fuentes de emisión por actividad (Industria Pesada)**

ACTIVIDAD PRODUCTIVA	NOBSA		SOGAMOSO	
	Nº FUENTE PUNTUAL	Nº FUENTE DISPERSA	Nº FUENTE PUNTUAL	Nº FUENTE DISPERSA
PRODUCCION DE ACERO	29	8		
PRODUCCIÓN DE CEMENTO	7	1	6	1
METALURGIA			4	2
PRODUCCION DE ARMAMENTO			2	1

Dentro de las pequeñas y medianas industrias tenemos que Sogamoso cuenta con el mayor número de fuentes dispersas por ubicación de centros de acopio de carbón, seguido de Nobsa y Tibasosa con platas de triturados, asfalto, cemento, concreto y otros (véase Tabla 23)

**Tabla 23. Número de fuentes de emisión por actividad (PYMES)**

ACTIVIDAD PRODUCTIVA	NOBSA		SOGAMOSO		TIBASOSA	
	Nº FUENTE PUNTUAL	Nº FUENTE DISPERSA	Nº FUENTE PUNTUAL	Nº FUENTE DISPERSA	Nº FUENTE PUNTUAL	Nº FUENTE DISPERSA
PRODUCCIÓN DE ASFALTO	2	3	1	2	1	1
C. ACOPIO DE CARBÓN	0	2	0	19	0	0
PRODUCCIÓN DE CEMENTO	0	0	3	0	0	0
PRODUCCIÓN DE CONCRETO	0	2	0	1	0	0
FUNDICIÓN DE ALUMINIO	0	0	8	0	0	0
TRITURADORAS	5	0	1	1	7	0
MATERIALES INDUSTRIALES	0	0	5	0	0	0

Para Paipa y Duitama al no contar con inventario de emisiones se procedió a hacer un conteo de las actividades industriales que se localizan dentro del corredor industrial y que son generadoras de emisiones de MP10 (ver Anexo J, K y L). Para el 2011 se realizó un estudio isocinético a las unidades I, II Y III de la termoeléctrica Gensa, dando como resultado el sobre paso de la norma en las unidades I y II, en cuanto a MP10, SO2 Y NO2 (véase Tabla 24).

**Tabla 24. Número de fuentes de emisión por actividad Municipio de Paipa**

ACTIVIDAD PRODUCTIVA	INDUSTRIA ARTESANAL	
	Nº FUENTE PUNTUAL	Nº FUENTE DISPERSA
EXPLOTACION DE CARBON	159	0
EXPLOTACION DE ARCILLA	0	1
EXPLOTACION DE HIERRO	0	3
EXPLOTACION DE M. DE CONSTRUCCION	0	4
EXPLOTACION DE PUZOLANA	0	4
ACTIVIDAD PRODUCTIVA	PYMES	
	Nº FUENTE PUNTUAL	Nº FUENTE DISPERSA
C. ACOPIO DE PUZOLANA	0	2
C. ACOPIO DE CARBON	0	2
F. MAQUILA PARA IND. SIDERURGICA	1	1
ACTIVIDAD PRODUCTIVA	INDUSTRIA PESADA	
	Nº FUENTE PUNTUAL	Nº FUENTE DISPERSA
GENERACION DE ENERGIA	48	3

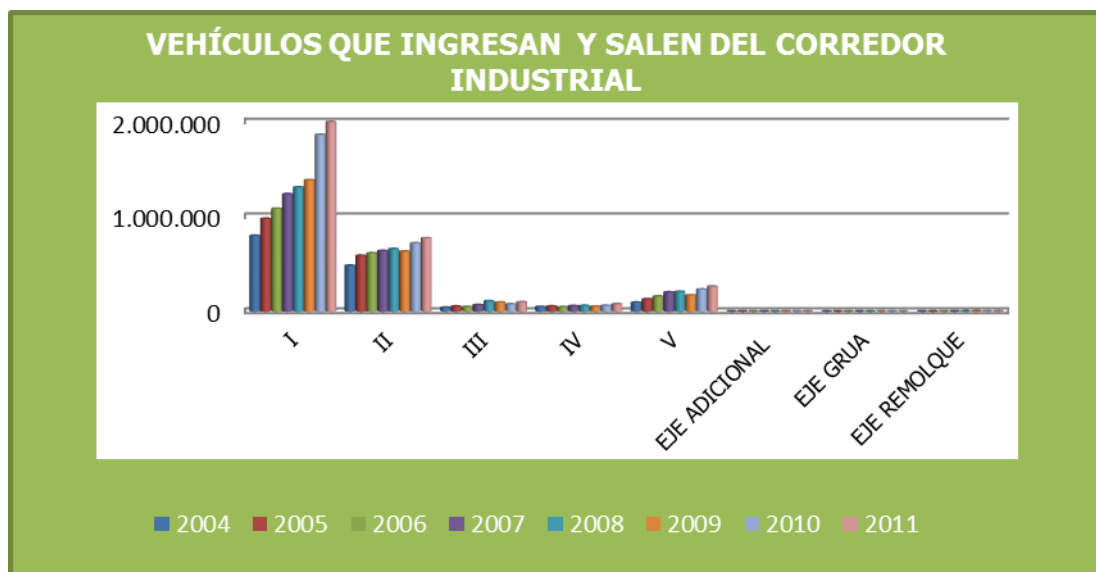
En el municipio de Duitama se recogieron datos de número de minas existentes e industrias que se encuentran en el parque industrial, además en visitas realizadas el municipio se evidencio el gran número de parqueaderos de transporte de carga pesada, que en esta ciudad es una de las principales causas de contaminación, debido a que el municipio cuenta con uno de los parque automotores de tractocamiones más grande de Colombia con 3200 vehículos de los cuales 2800 están registrados en la secretaria de transito del municipio (véase Tabla 25).

**Tabla 25. Número de fuentes de emisión por actividad municipio de Duitama**

ACTIVIDAD PRODUCTIVA	INDUSTRIA ARTESANAL	
	N° FUENTE PUNTUAL	N° FUENTE DISPERSA
EXPLOTACION DE CAL	0	1
EXPLOTACION DE RECEBO	0	17
EXPLOTACION M. DE CONSTRUCCION		1
ACTIVIDAD PRODUCTIVA	PYMES	
	N° FUENTE PUNTUAL	N° FUENTE DISPERSA
METALURGIA	1	0
ALIMENTOS LACTEOS	1	0
AVICULTURA	1	0
PARQUEADEROS	0	10

## FUENTES MÓVILES

De acuerdo a los datos registrados en el peaje de tuta desde 2004 el incremento de tráfico vehicular por la vía que conecta el corredor industrial Paipa – Duitama – Sogamoso, es de aproximadamente de 250 vehículos por año, además es de notar que los vehículos que mayor afluencia registran en esta vía son de categorías I, II Y V las cuales están integradas por (ver Anexo P): automóviles, camperos, camionetas, buses y camiones de 2 y 6 ejes (véase Ilustración 15).



**Figura 15. Vehículos que ingresan y salen del corredor industrial**

## Combustibles

En el aforo vehicular realizado en el 2007 por Corpoboyacá se determinó que para los vehículos de todas las categorías que transitan por esta zona del país, los combustibles más utilizados son, la gasolina en un 59.25% que esta más representada en los vehículos particulares, el diésel con un 30.5% más utilizado en camiones de 2, 3, 4, 5 y 6 ejes y en buses, y el gas que es más utilizado en automóviles camionetas y camperos.

En el 2007 con la modelación de fuentes móviles a través del modelo Móvil 5, se determinó que existe mayor emisión de CO, en la zona y que en su mayoría es causada por vehículos categoría I, es decir que automóviles, camperos y camionetas al utilizar gasolina como combustible y al ser los de mayor afluencia en la zona son los principales causantes de la emisión de este contaminante.

#### **5.4.2. COMPORTAMIENTO DE MP10 EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO DEL CORREDOR INDUSTRIAL.**

##### **Evaluación de los antecedentes del comportamiento de MP10 en las estaciones de Paipa, Recreo y Nazaret de los años 2004 hasta 2009**

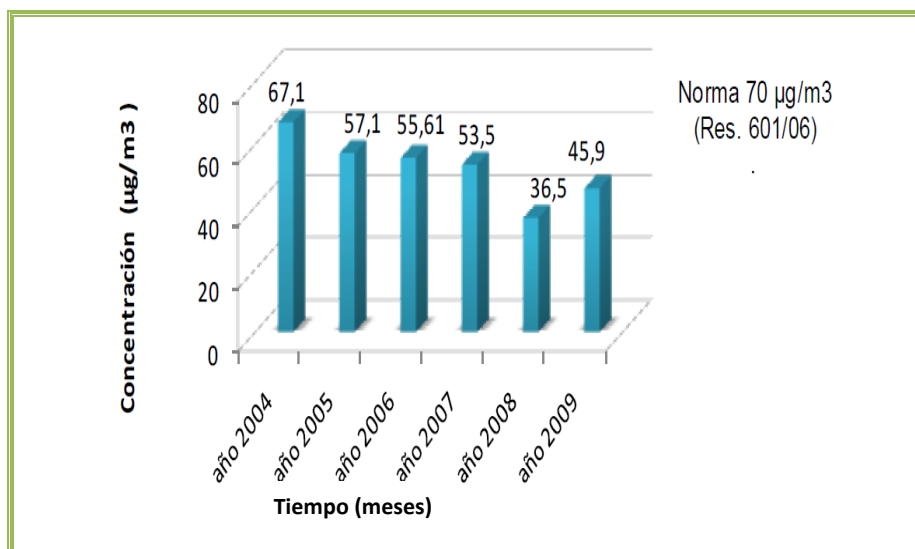
Para evaluar el comportamiento del material particulado en esta zona se debe entender el término de partículas que se refiere a cualquier sustancia en fase sólida o líquida que se encuentra en el aire. Algunos ejemplos de estas pueden ser hollín, polvos, aerosoles, humos o neblinas. Las clasificaciones más importantes de las partículas incluyen; suspendidas totales ( $<100\ \mu\text{m}$ ), suspendidas ( $<30\ \mu\text{m}$ ), PM10 ( $<10\ \mu\text{m}$ ) y PM2.5 ( $<2.5\ \mu\text{m}$ ), así como filtrables y condensables. Las partículas son eliminadas principalmente por retención y arrastre con las gotas de lluvia, donde la duración del material particulado en la troposfera depende del volumen de precipitación de la zona de interés.

Para este estudio las partículas que se van a relacionar para contaminación atmosférica son las de tamaño de  $10\ \mu$ , que son formadas por fuentes primarias como el levantamiento del material por acción del viento y por actividades como la quema de combustibles fósiles; por fuentes secundarias influyen los ciclos de carbono, del azufre y del Nitrógeno, al igual que la transformación de gases en partículas resultado de las reacciones fotoquímicas. La generación de material particulado lleva a la afectación de la salud humana por la penetración directa a los pulmones, llevando a graves irritaciones y obstrucciones del aparato respiratorio, ocasionando enfermedades como bronquitis, asma, infecciones respiratorias agudas y todas aquellas de tipo cardíaco.

Según el monitoreo constante que realiza la red de vigilancia de calidad de aire del Valle de Sogamoso las concentraciones de MP<sub>10</sub> se encuentran por debajo del límite máximo establecido por la resolución 601 de 2006, manteniendo el año 2004 como el año en donde se presentó el promedio más alto con una concentración de  $67.10\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

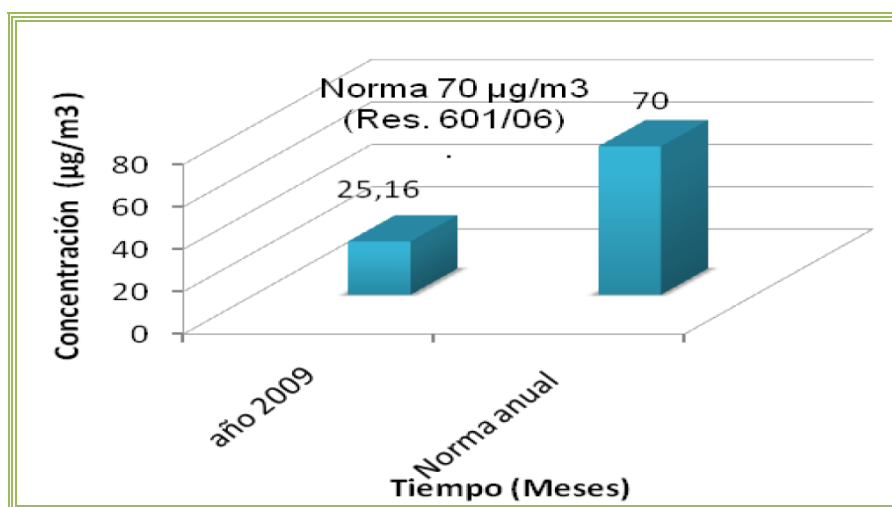
Según los datos generados por las estaciones desde este año (2004) se han reducido las concentraciones de este contaminante, alcanzando en el 2008 un promedio de  $36.4\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sin embargo en el año 2009 se generó un ascenso con un promedio de concentración de material particulado de  $45.9\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (véase Ilustración 16).





**Figura 16. Concentración media anual de MP<sub>10</sub> Sogamoso 2004-2009 (Proyecto: Redes de monitoreo y laboratorio de calidad del aire, 2010)**

En el municipio de Paipa la concentración promedio anual reportada en el año 2009 fue de  $25.16\mu\text{g}/\text{m}^3$  (véase Ilustración 17).



**Figura 17. Concentración promedio anual PM<sub>10</sub> municipio de Paipa 2009 (Proyecto: Redes de monitoreo y laboratorio de calidad del aire, 2010)**

### Promedios diarios de material particulado

En cuanto a los promedios registrados por las estaciones ubicadas alrededor de la zona de estudio se poseen las siguientes evidencias contando con las concentraciones máximas diarias rastreados mensualmente (véase Tabla 26).

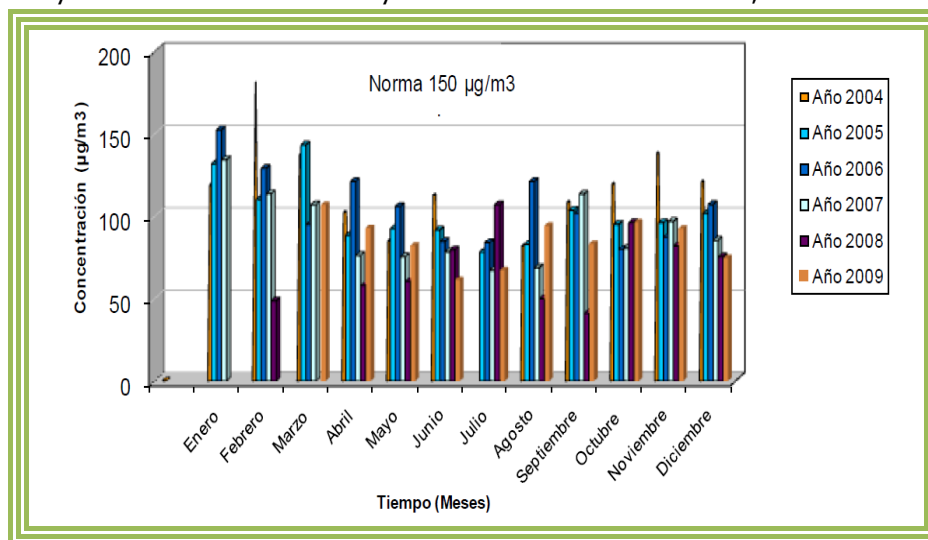
Durante el 2004 se reportaron las máximas concentraciones diarias en el mes de Febrero en  $180,5\mu\text{g}/\text{m}^3$ , para el 2005 durante el mes de Enero en  $131,9\mu\text{g}/\text{m}^3$  e igualmente para lo registrado durante el 2006 el valor máximo corresponde al mes de Enero con  $152,6\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el año 2007 la concentración máxima registro un nivel de  $134,5\mu\text{g}/\text{m}^3$  también se registra en

Enero mientras que el nivel máximo en el año 2008 se presentó en el mes de Julio con una concentración de 107  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que para el año 2009 la concentración máxima fue de 107 en el mes de Marzo es decir los niveles máximos diarios registrados superaron el límite máximo permisible establecido en 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  durante los años 2004 y 2005 (véase Ilustración 18).

**Tabla 26. Concentración máxima promedio mensual de material particulado Sogamoso serie 2004-2009.**

Meses	Año 2004	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008	Año 2009
<b>Concentración (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>						
<b>Enero</b>	118.3	131.9	152.6	134.5		
<b>Febrero</b>	180.5	110.3	129.2	113.8	48.8	
<b>Marzo</b>	136.4	143.4	95.1	107		107
<b>Abril</b>	101.7	88.5	121.2	76.3	58.1	92.9
<b>Mayo</b>	84.7	92.6	106	75.5	60.6	82.3
<b>Junio</b>	112.3	91.9	84.8	78.4	79.8	61.4
<b>Julio</b>		78.3	84	67.3	107	67.3
<b>Agosto</b>	81.7	83.1	121.2	68.8	50	94.3
<b>Septiembre</b>	107.9	103.8	102	113.5	41.1	83.3
<b>Octubre</b>	119	95.3	80.1	80.8	96.2	96.5
<b>Noviembre</b>	137.8	96.3	87.5	97	82.1	92.6
<b>Diciembre</b>	120.5	107.2	107.2	85.5	75.5	74.7

Fuente. Proyecto: Redes de monitoreo y laboratorio de calidad del aire, 2010.



**Figura 18. Concentración máxima mensual promedio diaria de material particulado municipio de Sogamoso 2004-2009 (Proyecto: Redes de monitoreo y laboratorio de calidad del aire, 2010)**

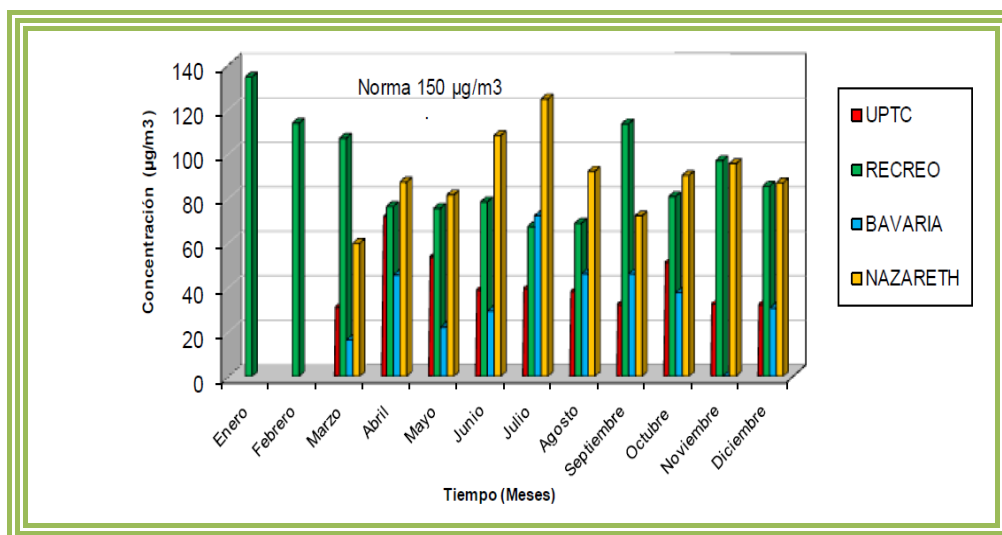
En el año 2007 se ejecutaron acciones de medición para material particulado MP10 en distintas áreas en el Valle de Sogamoso mediante equipos manuales realizados en zonas como Nazareth Nobsa, Club Bavaria y UPTC adicionalmente a los datos arrojados por la estación El Recreo en Sogamoso. Comparando los resultados de los muestreos manuales realizados en las estaciones

manuales Nazareth, Club Bavaria y UPTC con respecto a los datos de la estación El Recreo, se observa para los cuatro puntos de muestreo el siguiente comportamiento:

Generalmente las concentraciones más altas se presentaron en la estación Nazareth, seguido de los niveles registrados en la estación el Recreo, con niveles inferiores se presentaron en la estación UPTC y Club Bavaria respectivamente.

Durante 10 meses de muestreo donde se presentaron concentraciones en los cuatro puntos, se observa que en los meses de Abril, Mayo, Junio, Julio, Agosto, Octubre, y Diciembre se presentan concentraciones más altas en la estación Nazareth comparándolas con las registradas en la estación el Recreo. Mientras que en los meses de Marzo, Septiembre, y Noviembre se presentan niveles más altos en la estación el Recreo.

Comparando los datos de las estaciones UPTC y Club Bavaria, se observa que las concentraciones máximas oscilan entre 30.62 y 71.24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que en la estación Club Bavaria las concentraciones oscilaron entre 16.29 y 72.11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , este es el comportamiento mensual que se encuentra entre estas dos estaciones (véase Ilustración 19)

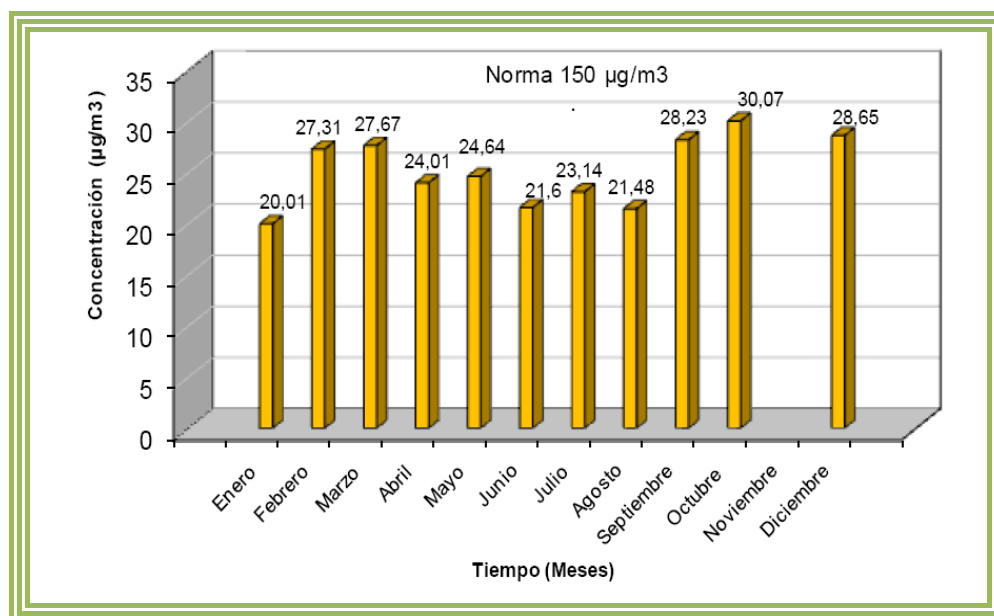


**Figura 19. Concentración máxima mensual promedio diaria de material particulado año 2007 (Proyecto: Redes de monitoreo y laboratorio de calidad del aire, 2010)**

#### Datos promedio diarios para el municipio de paipa en el año 2009

En el municipio de Paipa se realizó el monitoreo y según la estación ubicada en esta zona las concentraciones no sobrepasan el límite permisible de la norma al ser este de 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , los datos indican que estas son inferiores a 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En esta área la concentración promedio diaria más alta en el año 2009 fue de 30.07  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , la cual se presentó en el mes de Octubre, mientras que el promedio diario más bajo fue de 20.01  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el mes de febrero de 2009 (véase Ilustración 19).



**Figura 20. Concentraciones promedio diarias de material particulado MP<sub>10</sub> en Paipa durante el año 2009 (Proyecto: Redes de monitoreo y laboratorio de calidad del aire, 2010)**

#### **5.4.3. ANALISIS PROMEDIOS DIARIOS DE MATERIAL PARTICULADO PRIMER TRIMESTRE DEL AÑO 2010, POR MEDIO DE BOX PLOT**

Los resultados arrojados en el periodo de los primeros tres meses del año 2010 para el Valle de Sogamoso, muestran concentraciones superiores al límite permisible determinado en la Resolución 601/06 (150 µg/m³) en donde se encontraron concentraciones entre 150,6 y 151,7 µg/m³ durante el primer día del año.

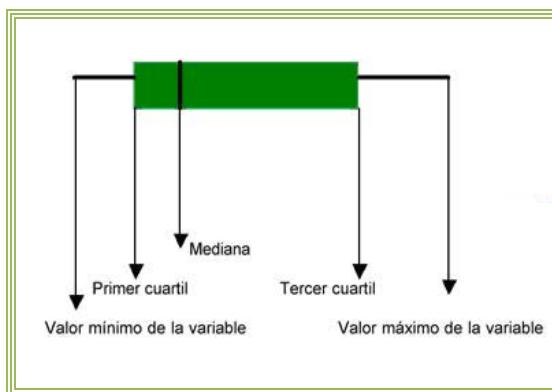
Entre los días 2 y 22 de Enero el comportamiento muestra concentraciones entre 80 y 100 µg/m³. Para el caso del mes de Febrero de 2010, los datos promedio diarios indican niveles superiores a 80 µg/m³, con un nivel máximo de 138,4 µg/m³, mientras que el nivel promedio diario más bajo es de 49,9 µg/m³.

Durante el mes de Marzo de 2010, las concentraciones registraron niveles entre 40,3 y 110,5 µg/m³. En los tres meses se presentaron concentraciones superiores a 100 µg/m³.

Para conocer como es el comportamiento del material particulado diariamente se escogieron seis días del primer trimestre del año, estos días se escogieron según la disponibilidad de datos de cada mes, esto se realizó para cada una de las estaciones que están funcionando en el momento las cuales son Recreo, Paipa y Nazareth. Luego de esto se graficaron por medio de una herramienta llamada cajas y bigotes para analizar las mayores concentraciones del día y cuales sobrepasan la norma, (ver Anexo E,F,G,H)

Una gráfica de este tipo consiste en una caja rectangular, donde los lados más largos muestran el recorrido intercuartílico. Este rectángulo está dividido por un segmento horizontal que indica donde se posiciona la mediana y por lo tanto su relación con los cuartiles primero y tercero. Esta caja se ubica a escala sobre un segmento que tiene como extremos los valores mínimo y máximo de la variable. Las líneas que sobresalen de la caja se llaman bigotes. Estos bigotes

tienen un límite de prolongación, de modo que cualquier dato o caso que no se encuentre dentro de este rango es marcado e identificado individualmente, este gráfico estadístico permite resumir información utilizando 5 medidas estadísticas: el valor mínimo, el primer cuartil, la media, el tercer cuartil y el valor máximo. Además proporciona una idea de la tendencia central del conjunto de datos, la dispersión de los mismos y la posible presencia de datos atípicos (véase Ilustración 21).



**Figura 21. Partes del diagrama de cajas y bigotes (Imagen Google)**

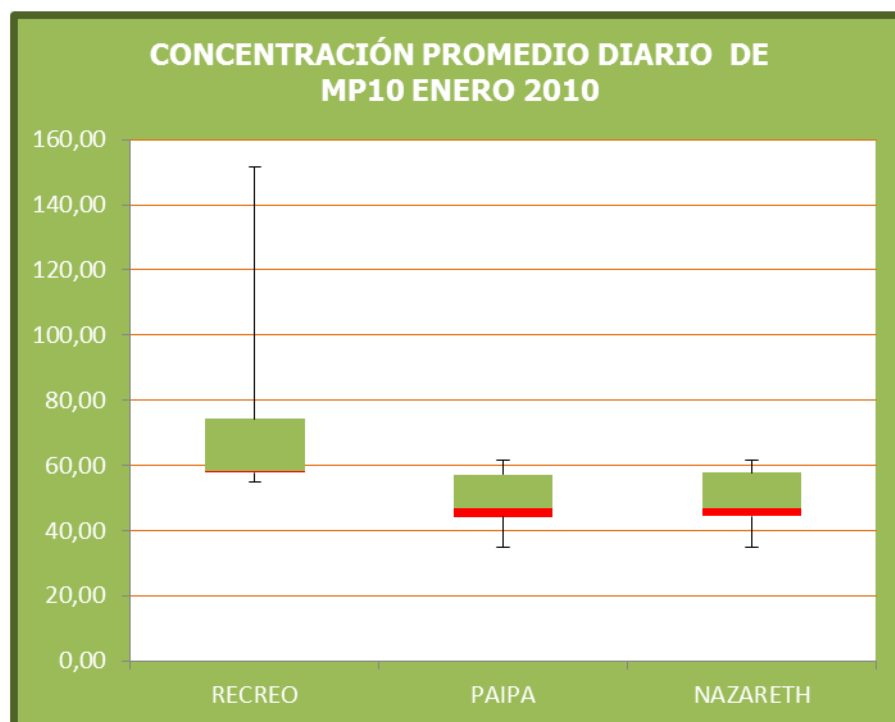
A continuación se encuentra una tabla de la cual se grafica los datos con la anterior metodología.

**Tabla 27. Concentración promedio diario de MP10 enero 2010**

CONCENTRACIÓN DE MP10 ENERO 2010			
ESTACIÓN	RECREO	PAIPA	NAZARETH
DÍA			
<b>1</b>	151,7	59,83	60,57
<b>2</b>	58,6	34,83	34,94
<b>5</b>	57,68	61,67	61,71
<b>15</b>	55,0	44,75	44,77
<b>16</b>	58,0	44,04	44,17
<b>21</b>	79,6	49,17	49,13

	RECREO	PAIPA	NAZARETH
<b>MIN</b>	54,98	34,83	34,94
<b>Q1</b>	57,75	44,22	44,32
<b>MEDIANA</b>	58,29	46,96	46,95
<b>Q3</b>	74,33	57,16	57,71
<b>MAX</b>	151,74	61,67	61,71

<b>Q1</b>	<b>57,75</b>	<b>44,22</b>	<b>44,32</b>
<b>MEDIANA</b>	0,54	2,74	2,63
<b>Q3</b>	16,04	10,20	10,76
<b>MAX</b>	77,41	4,51	4,00
<b>MIN</b>	2,77	9,39	9,38



**Figura 22. Concentración promedio diario de MP<sub>10</sub> enero 2010**

La concentración de material particulado se puede observar como una medida de dispersión simple, conociendo la densidad de los datos, la caja de la izquierda nos indica con el bigote inferior que los datos se encuentran más unidos y no se alejan de los datos tradicionales, por lo cual el 25% de las concentraciones se encuentra en este rango, el cuartil entre la mediana y el 75% de los datos nos indica que la mayor parte de las concentraciones se encuentran en estos valores estando estos entre 58 y 75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y el bigote superior muestra que los datos restantes están dispersos entre el rango de 76 a 151  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , cerca de sobrepasar la norma a pesar de que son muy pocos y dispersos. En los datos se encontraron algunos valores atípicos los cuales se alejan del rango característico puede suceder por malas mediciones o por una contaminación muy fuerte, estando la estación del Recreo ubicada en Sogamoso centro de grandes industrias y un parque automotor amplio.

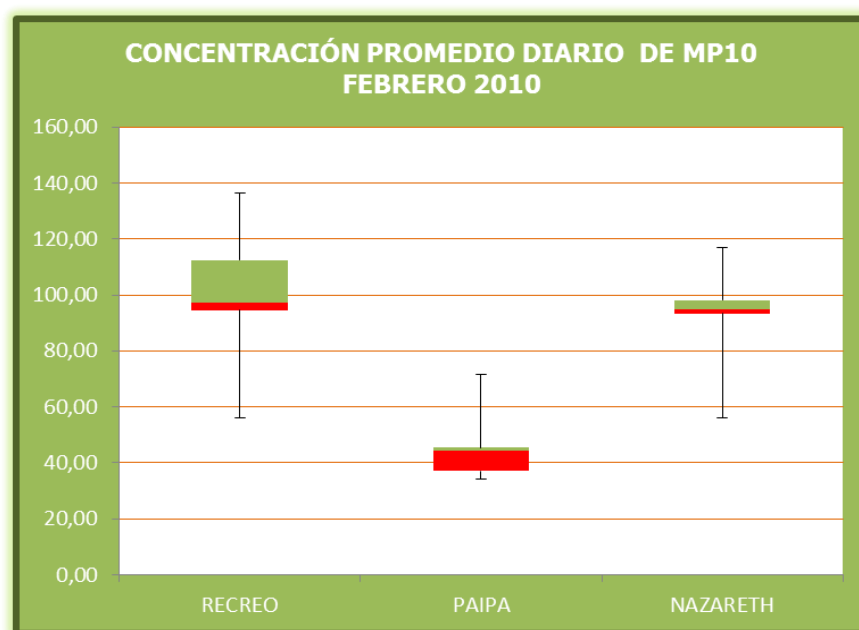
En la caja del medio distingue que la mayoría de las concentraciones se encuentran en el rango de 75 a 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y de 44 a 47  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en la estación de Paipa la contaminación por material particulado es más baja que en la anterior estación, en la estación de Nazareth el comportamiento del material particulado es igual a la estación de Paipa siendo bajas las concentraciones de material particulado ubicados en un rango de 44 y 47  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (véase Tabla 27 e Ilustración 22)

**Tabla 28. Concentración promedio diario de MP10 febrero 2010**

CONCENTRACIÓN DE MP10 FEBRERO 2010			
ESTACIÓN	RECRO	PAIPA	NAZARETH
DÍA			
8	56,2	44,96	56,18
9	95,8	34,63	95,77
13	98,92	34,29	98,92
14	94,1	44,04	94,15
15	117,1	45,58	117,06
19	136,4	71,58	93,10

	RECRO	PAIPA	NAZARETH
MIN	56,18	34,29	56,18
Q1	94,55	36,98	93,36
MEDIANA	97,34	44,50	94,96
Q3	112,53	45,43	98,13
MAX	136,44	71,58	117,06

Q1	94,55	36,98	93,36
MEDIANA	2,79	7,52	1,59
Q3	15,18	0,93	3,17
MAX	23,91	26,16	18,93
MIN	38,37	2,69	37,19



**Figura 23. Concentración promedio diario de MP<sub>10</sub> febrero 2010**

En el mes de Febrero la gráfica manifiesta que paipa es el municipio con menos contaminación que los otros dos, ya que sus valores máximos oscilan entre 45 y 72  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo cual revela que no son sobrepasados los niveles permisibles por la norma, al contrario en la estación del Recreo se encuentra más repetidas las concentraciones en el rango entre 95 y 98  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , cerca se halla la estación de Nazareth alcanzando concentraciones entre 94 y 95  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Aunque hay varios datos que se encuentran dispersos en concentraciones y valores bajos, también hay gran

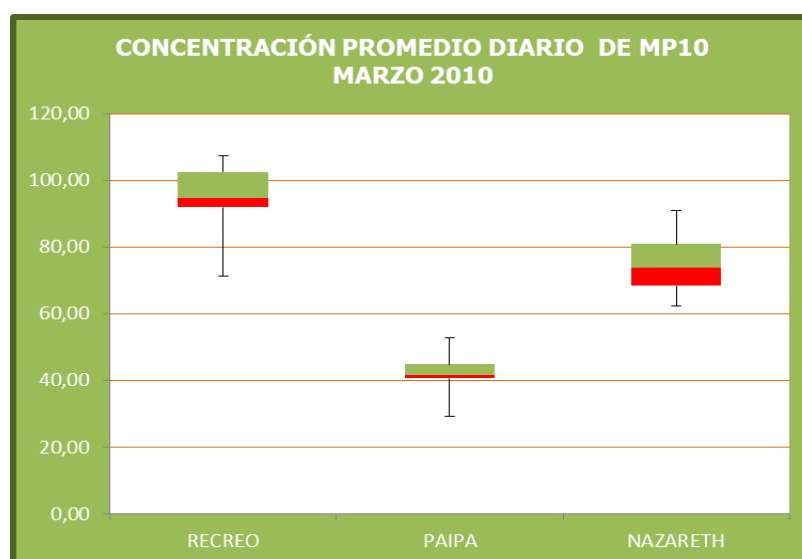
cantidad de datos altos y valores atípicos de magnitud preocupante para el grado de contaminación (véase Tabla 28 e Ilustración 23).

**Tabla 29. Concentración promedio diario de MP10 marzo 2010**

CONCENTRACIÓN DE MP10 MARZO 2010			
ESTACIÓN	RECREO	PAIPA	NAZARETH
DÍA			
3	91,5	45,67	90,91
5	93,4	41,08	73,68
13	104,79	29,29	83,04
16	107,5	52,75	66,58
24	95,9	42,21	74,20
31	71,4	40,38	62,26

	RECREO	PAIPA	NAZARETH
MIN	71,35	29,29	62,26
Q1	91,98	40,55	68,35
MEDIANA	94,68	41,65	73,94
Q3	102,57	44,80	80,83
MAX	107,46	52,75	90,91

Q1	91,98	40,55	68,35
MEDIANA	2,69	1,09	5,59
Q3	7,90	3,16	6,89
MAX	4,89	7,95	10,08
MIN	20,63	11,26	6,09



**Figura 24. Concentración promedio diario de MP<sub>10</sub> marzo 2010**

Para el mes de Marzo al igual que en los meses anteriores las concentraciones en la estación de Paipa son mas bajas que Recreo y Nazareth, la mayoría de las concentraciones de material particulado tienen valores entre 41 y 42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En la estación del Recreo en general los datos se concentran entre los rangos de 92 y 95  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 103 y 108  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  siendo altas y excediendo la norma, en la estación de nazareth los concentraciones más comunes están entre 63 y 69



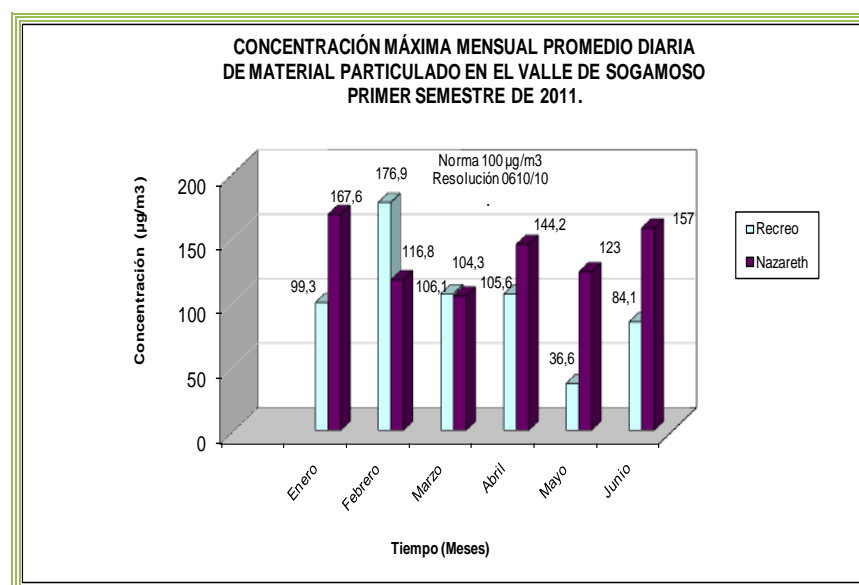
$\mu\text{g}/\text{m}^3$  manifestando un valor que puede afectar altamente la calidad del aire en ésta zona (véase Tabla 29 e Ilustración 24)

#### 5.4.4. ANÁLISIS PROMEDIOS DIARIOS DE MATERIAL PARTICULADO PRIMER SEMESTRE DEL AÑO 2011, POR MEDIO DE BOX PLOT

A partir de Enero de 2011, los resultados registrados deben ser comparados con los límites establecidos en la Resolución 0610 de 2010, durante el primer semestre del año 2010 para el Valle de Sogamoso, indican concentraciones superiores al límite permisible establecido en la Resolución 610/10 ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en donde se presentaron concentraciones máximas diarias entre 36,6 y 176,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , durante el primer semestre del año para los datos registrados en la estación El Recreo en Sogamoso.

Los datos en la estación Nazareth muestran que los niveles máximos promedio diarios en el primer semestre oscilaron entre 104,3 y 167,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , superando la norma de calidad del aire ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), durante los seis (6) meses.

En el primer semestre del año 2011 las concentraciones promedio diarias más altas muestran niveles por encima de la norma de calidad del aire (Resolución 0610 de 2010), para los datos registrados en las estaciones El Recreo en Sogamoso y Nazareth en Nobsa; únicamente se en el mes de Mayo y Junio de 2011, los datos monitoreados en la estación el Recreo, muestran concentraciones por debajo del límite permisible ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) con concentraciones máximas promedio diario de 36.6 y 84,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente (véase Ilustración 25 y Anexo B,C,D y H)



**Figura 25. Concentración máxima mensual promedio diaria 2011 (Calidad del aire en el Valle de Sogamoso, 2011)**

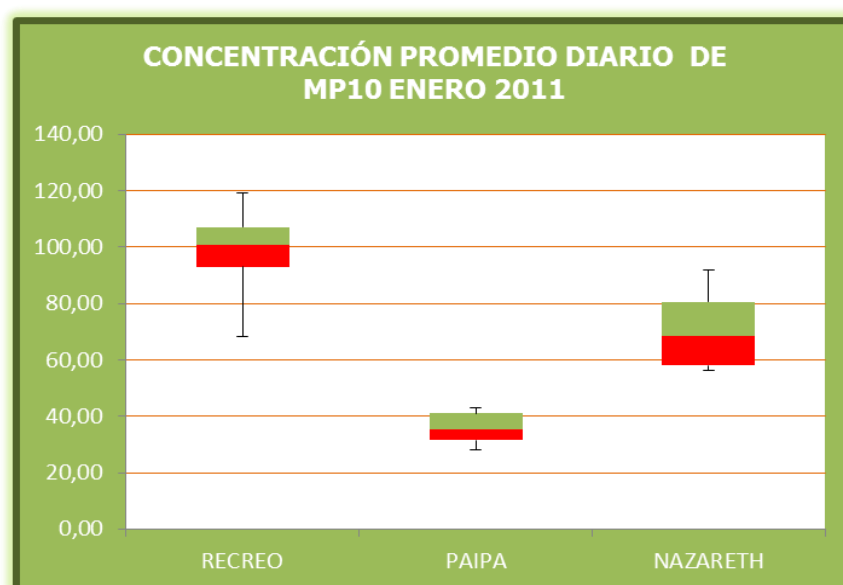
Ahora siguiendo con el análisis del comportamiento del material particulado se continuará con los diagramas de cajas y bigotes del primer trimestre de 2011, analizando las concentraciones promedios diarias de estos meses.

**Tabla 30. Concentración promedio diario de MP10 enero 2011**

CONCENTRACIÓN DE MP10 ENERO 2011			
ESTACIÓN	RECREO	PAIPA	NAZARETH
DÍA			
26	68,3	41,67	75,35
27	105,0	31,55	82,23
28	107,67	39,00	92,05
29	119,1	42,78	56,88
30	91,8	28,08	56,05
31	96,4	31,65	61,53

	RECREO	PAIPA	NAZARETH
MIN	68,28	28,08	56,05
Q1	92,95	31,57	58,04
MEDIANA	100,74	35,32	68,44
Q3	107,01	41,00	80,51
MAX	119,09	42,78	92,05

Q1	92,95	31,57	58,04
MEDIANA	7,79	3,75	10,40
Q3	6,27	5,68	12,07
MAX	12,08	1,78	11,54
MIN	24,67	3,49	1,99



**Figura 26. Concentración promedio diario de MP<sub>10</sub> enero 2011**

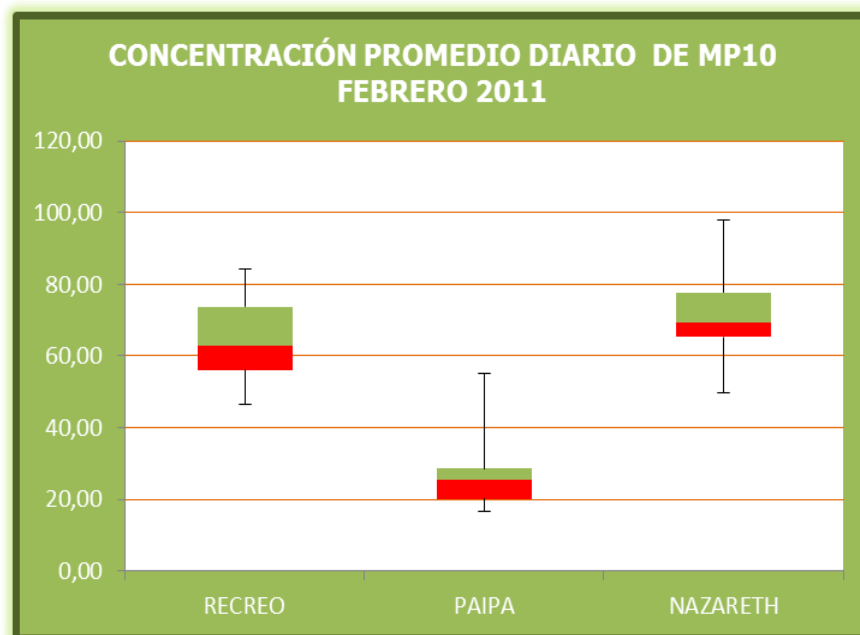
En el mes de Enero de 2011 de los días 26 a 31, se analiza que el valor de concentración de material particulado está en el rango de 93 a 107  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en varias horas del día se alcanza niveles hasta de 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , superando los niveles permisibles por la norma ya que se estableció que está tienen un valor de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Para la estación de Paipa los niveles son bajos teniendo la mayoría de concentraciones entre 28.08 y 32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En la estación de Nazareth los valores más frecuentes están entre 56.05 y 80.01  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (véase Tabla 30 e Ilustración 26)

**Tabla 31. Concentración promedio diario de MP10 febrero 2011**

CONCENTRACIÓN DE MP10 FEBRERO 2011			
ESTACIÓN	RECREO	PAIPA	NAZARETH
DÍA			
3	54,6	55,23	98,03
8	84,4	16,63	64,72
15	65,20	25,94	79,85
18	60,8	18,46	71,57
21	46,6	29,50	66,75
24	76,6	24,78	49,59

	RECREO	PAIPA	NAZARETH
MIN	46,62	16,63	49,59
Q1	56,17	20,04	65,23
MEDIANA	63,02	25,36	69,16
Q3	73,74	28,61	77,78
MAX	84,41	55,23	98,03

Q1	56,17	20,04	65,23
MEDIANA	6,85	5,32	3,94
Q3	10,72	3,25	8,62
MAX	10,67	26,62	20,25
MIN	9,55	3,41	15,63



**Figura 27. Concentración promedio diario de MP<sub>10</sub> febrero 2011**

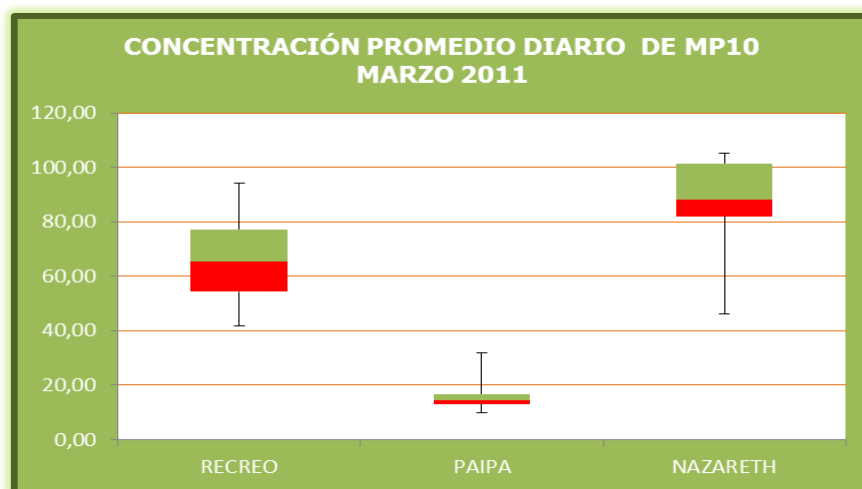
En la Ilustración 27, se muestra una disminución de concentración de material particulado para las tres estaciones respecto al mes anterior, la estación de Paipa tiene su valor mínimo de concentración en  $16.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y su valor máximo en  $55.23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La estación que muestra niveles más altos del contaminante es Nazareth la cual posee un nivel mínimo de  $49.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y su máximo en  $98.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y para la estación del Recreo los datos de concentración están poco dispersos y se encuentran en un rango total de  $46.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $84.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Aunque los días graficados no tuvieron contaminaciones altas por material particulado, analizando los datos de otros días del mes se encuentra que en la estación del Recreo el día 27 y 28 entre 12:00

a.m. y 8:00 a.m. se presentan concentraciones de  $MP_{10}$  entre  $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  siendo estas de las más altas en el año y la estación de Nazareth el día 27 de 11:00 p.m. y 8:00 p.m. mostró concentraciones mínimas de  $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y máximas de  $282 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (véase Tabla 31).

**Tabla 32. Concentración promedio diario de  $mp_{10}$  marzo 2011**

CONCENTRACIÓN DE $MP_{10}$ MARZO 2011			
ESTACIÓN	RECRO	PAIPA	NAZARETH
DÍA			
6	57,7	13,48	46,23
18	53,2	9,75	105,30
20	78,77	32,02	85,39
21	41,8	15,04	91,08
28	73,0	17,27	80,88
29	94,3	12,90	104,90

	RECRO	PAIPA	NAZARETH	Q1	54,33	13,04	82,00
MIN	41,82	9,75	46,23	MEDIANA	11,01	1,22	6,23
Q1	54,33	13,04	82,00	Q3	11,99	2,45	13,21
MEDIANA	65,33	14,26	88,24	MAX	16,98	15,31	3,85
Q3	77,32	16,71	101,45	MIN	12,51	3,29	35,78
MAX	94,30	32,02	105,30				



**Figura 28. Concentración promedio diario de  $MP_{10}$  marzo 2011**

Como se logra observar en la ilustración 28, las concentraciones más altas se encuentran en la estación de Nazareth manteniendo el 25 % de sus datos concentrados en el rango de  $101.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $105.30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sobrepasando la norma, además de esto la mayoría de datos registrados diariamente por ésta estación en el mes de Marzo son niveles similares a los escogidos para la gráfica ubicando éste mes en uno de los más contaminados en el 2011, para la estación de Paipa no contiene niveles altos de contaminación al contrario es uno de los más bajos del año (véase Tabla 32).

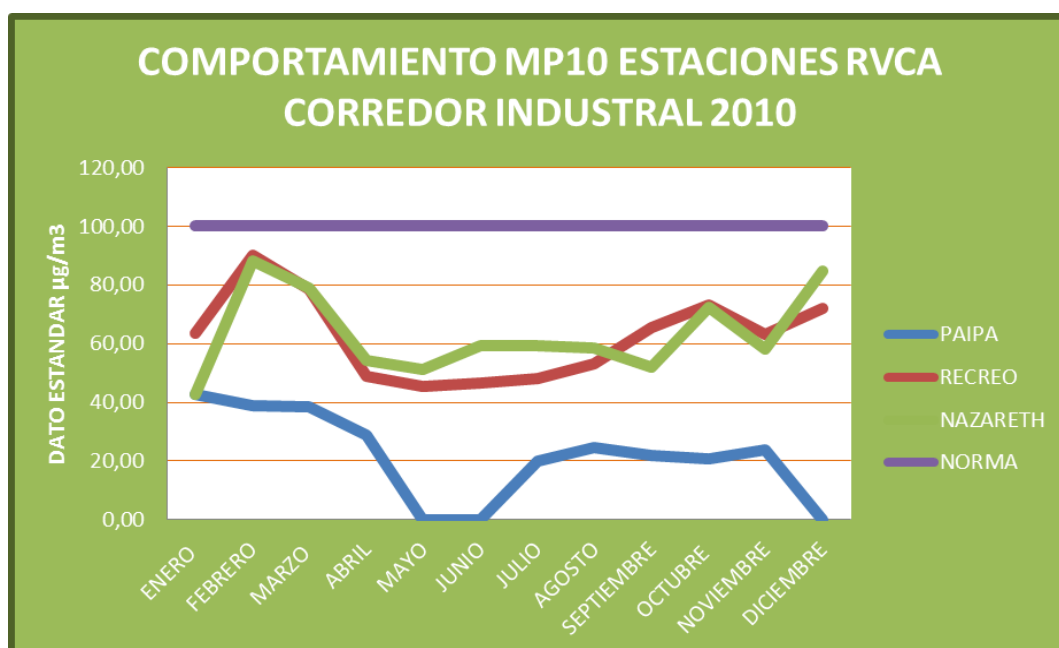
## Concentraciones promedio mensuales de MP10 del año 2010

En las gráficas encontramos promedios diarios para conocer los comportamientos del contaminante en algunos días de los meses más contaminados, a continuación se mostrarán dos tablas que contienen información de los promedios por meses para saber cómo aumenta o disminuye la contaminación por MP<sub>10</sub> en todo el año. En las siguientes tablas 33 y 34 y gráficos encontramos los meses, las estaciones y el máximo permisible por la norma de los años 2010 y 2011, (ver Anexo A):

**Tabla 33. Comportamiento mensual de MP<sub>10</sub> para el año 2010**

COMPORTAMIENTO MP10 ESTACIONES RVCA CORREDOR INDUSTRIAL 2010				
ESTACIÓN MES	PAIPA	RECREO	NAZARETH	NORMA
ENERO	42,65	63,39	42,61	100
FEBRERO	38,81	90,08	88,15	100
MARZO	38,38	78,69	78,96	100
ABRIL	28,78	49,02	54,34	100
MAYO	0,00	45,58	51,28	100
JUNIO	0,00	46,72	59,18	100
JULIO	19,92	48,04	59,47	100
AGOSTO	24,79	53,11	58,64	100
SEPTIEMBRE	22,07	65,62	51,89	100
OCTUBRE	20,69	73,12	72,24	100
NOVIEMBRE	23,77	63,32	58,10	100
DICIEMBRE	0,00	71,99	84,54	100

Según los datos promedio mensuales registrados por las estaciones los niveles de MP<sub>10</sub> son inferiores en las tres estaciones a los permitidos por la norma.



**Figura 29. Comportamiento MP<sub>10</sub> corredor industrial 2010**

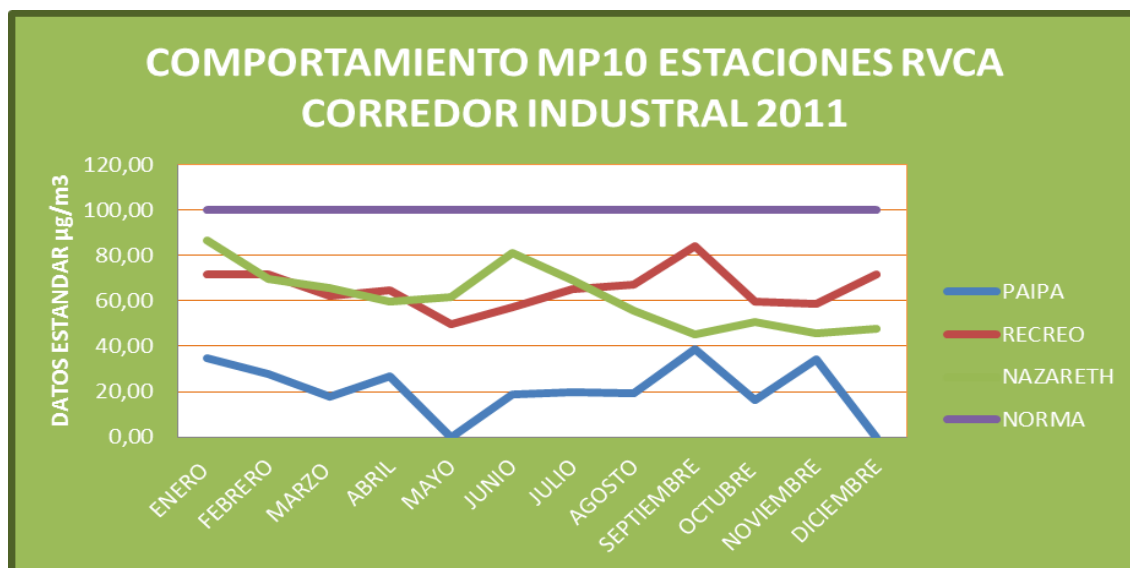
### Comportamiento mensual de mp<sub>10</sub> para el año 2011

La tabla 34 muestra que al igual que el año anterior en ninguno de los meses se sobrepasa la norma según las mediciones registradas por las estaciones.

**Tabla 34. Comportamiento mensual de MP<sub>10</sub> para el año 2011**

<b>COMPORTAMIENTO MP10 ESTACIONES RVCA CORREDOR INDUSTRIAL 2011</b>				
<b>ESTACIÓN</b>	PAIPA	RECREO	NAZARETH	NORMA
<b>MES</b>				
<b>ENERO</b>	34,63	71,55	86,59	100
<b>FEBRERO</b>	27,71	71,74	69,53	100
<b>MARZO</b>	17,88	61,99	65,42	100
<b>ABRIL</b>	26,51	64,62	59,46	100
<b>MAYO</b>	0,00	49,60	61,53	100
<b>JUNIO</b>	18,82	57,37	80,91	100
<b>JULIO</b>	20,01	65,18	69,11	100
<b>AGOSTO</b>	19,43	66,91	55,46	100
<b>SEPTIEMBRE</b>	38,69	83,86	45,26	100
<b>OCTUBRE</b>	16,37	59,82	50,45	100
<b>NOVIEMBRE</b>	34,19	58,71	45,63	100
<b>DICIEMBRE</b>	0,00	71,65	47,56	100

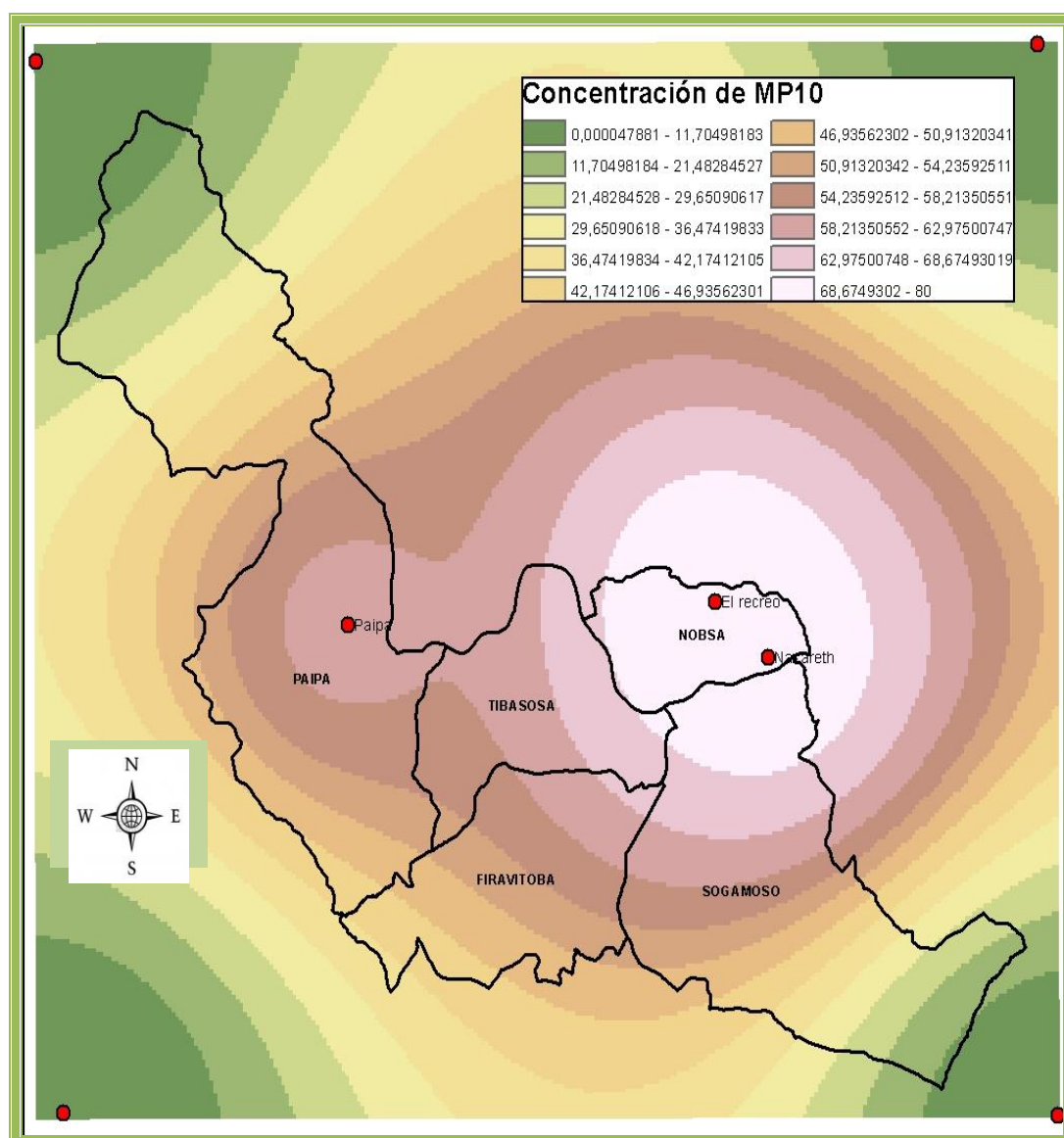
En la Ilustración 30, se muestra el comportamiento del material particulado por mes del año 2011, siendo la concentración más alta para la estación de Nazareth el mes de Enero, para Recreo y Paipa el mes de Septiembre, todos estos sin infringir los niveles permisibles establecidos por la norma.



**Figura 30. Comportamiento MP<sub>10</sub> corredor industrial 2011**

#### 5.4.5. ANÁLISIS CARTOGRÁFICO

Mediante el uso de la herramienta Arcmap se realizaron nueve mapas de isopletas donde se tomaron el periodo comprendido al primer trimestre del año, para los días 6, 15 y 23 de cada mes y en las horas 12:00m, 2:00pm y 6:00pm, que fueron los datos más completos y donde se registraban concentraciones más altas en las tres estaciones (Paipa, Nazareth y El Recreo), en la imagen se puede apreciar la zona de influencia que tiene la dispersión de MP10 en los municipios el día 26 de enero de 2010 a las 6:00pm (véase Ilustración 31), que con los demás datos analizados de ese día, se observa que hacia las horas de la tarde se empieza a aumentar la concentración de mp10 para todas las estaciones y que permanece con concentraciones superiores a  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$  hasta las horas de la madrugada. Las demás interpolaciones realizadas a la zona se encuentran en el anexo I.



**Figura 31. Isopletas 26-01-2010 a las 06:00p.m.**

## **5.5. PARÁMETROS DE LA OPERACIÓN DE LA RED DE CALIDAD DEL AIRE DEL CORREDOR INDUSTRIAL PAIPA – DUITAMA- SOGAMOSO**

Las estaciones que conforman la Red de Calidad de Aire están ubicadas según el criterio conocido sobre la problemática regional presentada con el tiempo debido a la contaminación del aire causada por las industrias que se desarrollan en la zona, área que está conformada básicamente por los municipios de Paipa, Sogamoso, Nobsa y Tibasosa y el comportamiento meteorológico de la zona. El diseño total de la red, estuvo a cargo de estudiantes y profesionales de la Universidad de los Andes, el cual se realizó en tres fases: en la primera fase se realiza la compilación de la información base como lo es el inventario de las fuentes móviles y fijas, el reconocimiento de la zona, las experiencias de redes existentes y el estudio de las condiciones climáticas. En la segunda fase, se establece una estructura general de la red en cuanto a sus funciones y la ubicación de las respectivas estaciones. Finalmente la RMCA de Sogamoso instalada por Corpoboyacá consta de cuatro estaciones ubicadas en diferentes puntos dentro del territorio.

### **5.5.1. Operación de la red de calidad del aire**

#### **Estado actual de la red**

En la actualidad las estaciones de monitoreo CUENTAN CON EQUIPOS DE MARCAS Horiba, Labs; Dasibi, Wedding, Grasseby y Ecotech para la medición de contaminantes, mientras que las variables meteorológicas como lo son: dirección del viento (WD), velocidad del viento (WS), humedad relativa (HR), y temperatura (T°) son evaluadas con equipos de marca Young y la estación ubicada en el Recreo cuenta además con un analizador automático para PM10 BAM 1020 Particulate monitor. En el anexo N se encuentra las fotos de las visitas a las estaciones que muestran con más detalle la condición actual de las mismas.

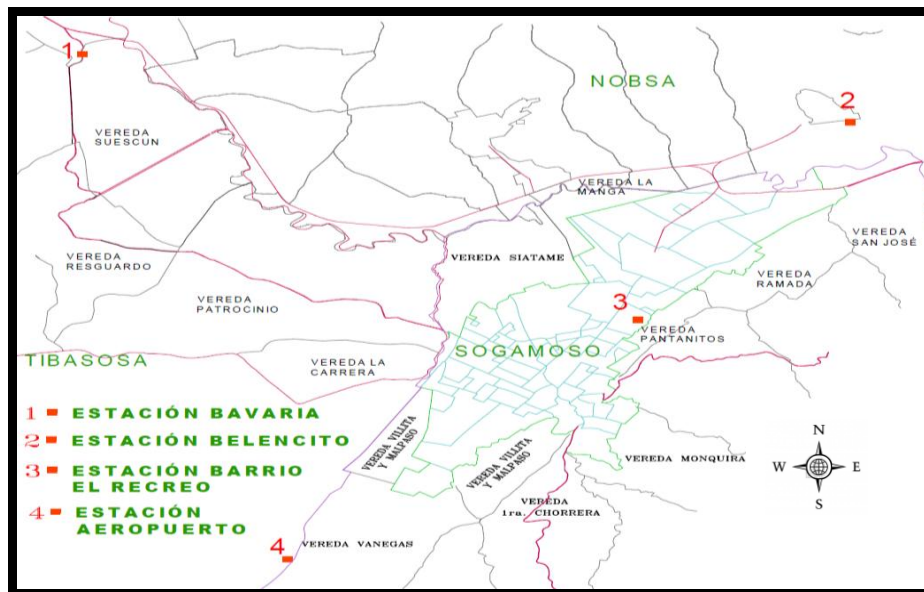
Cada instrumento es probado bajo estándares y luego examinado en una cámara con atmósfera cargada por polvo. Los resultados de las pruebas proporcionan los puntos que son usados en la regresión de datos y la calibración final. El calibrador adherido a la membrana es probado para asegurar la confiabilidad durante el período de muestreo. Este mantenimiento de la bomba se realiza cada dos años. Cada hora el equipo realiza pruebas diagnósticas sobre la unidad, y prueba para la operación correcta de todos los componentes.

En las estaciones el Recreo, Club Bavaria y Barrio Nazareth se registra información en periodos diezminutales para cada uno de los contaminantes monitoreados, la información es procesada para su respectivo análisis permitiendo el cálculo de concentraciones en periodos horarios, diarios, tres horas y 8 horas dependiendo del contaminante.

Por último la administración de los datos se realiza a partir de la recolección de información que es desarrollada por un técnico el cual todas las mañanas visita las estaciones y a través de un CD guarda los datos suministrados por el Datalogger para finalmente llenar el formato correspondiente al registro diario de la información, para entrar hacer parte de la base de datos de Corpoboyacá.



### 5.5.2. Ubicación de las estaciones de monitoreo



**Figura 32. Ubicación estaciones de la Red de Monitoreo del Valle de Sogamoso. (Secretaría de Desarrollo y Medio Ambiente)**

En la figura 32, se observan la ubicación espacial de las estaciones de monitoreo del Valle de Sogamoso que fueron establecidas a partir de las investigaciones desarrolladas en el ICSC- World Laboratory del Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Laboratorio de Contaminación Atmosférica (LPAS) y Corpoboyacá en el año 2000, dando origen al proyecto, Valle de Sogamoso AQMS (Air Quality Management System), que permitió determinar las mejores técnicas de medición posibles para la recolección de dicha información, incluyendo los equipos de medición, dando como resultado la ubicación actual de las estaciones y sus características, en el Anexo N se encuentran el archivo fotográfico del estado de las estaciones:

**Tabla 35. Ubicación de estaciones de la red de monitoreo del corredor industrial**

ESTACIÓN	UBICACIÓN	ALTURA (msnm)	LATITUD	LONGITUD
<b>PAIPA</b>	Unidad móvil de monitoreo de calidad del aire	2545	Según ubicación	
<b>EL RECREO</b>	Zona urbana residencial, Barrio el Recreo en el municipio de Sogamoso	2500	N 5°47'35"	W 72°55'14.6"
<b>AEROPUERTO</b>	Zona rural, instalaciones Aeropuerto Álvaro Lleras Camargo en el municipio de Sogamoso	2504	N 5°40'39"	W 72°58'29"
<b>CLUB BAVARÍA</b>	Zona semirural, instalaciones Club Bavaria	2515	N 5°47'01"	W 72°59'41.3"
<b>NAZARETH</b>	Barrio Nazareth del municipio de Nobsa	2530	N 5°46'8.7"	W 72°53'42.6"

Fuente. CORPOBOYACÁ

En la actualidad CORPOBOYACÁ cuenta con una red de vigilancia de calidad del aire del Valle de Sogamoso y una estación móvil para la medición de contaminantes en el municipio de Paipa, se encontró que el sistema carece de mantenimientos en los equipos, de estaciones y no cuenta con un adecuado manejo de los datos reportados, razón por la cual no puede ser considerado un sistema de vigilancia de calidad del aire en el marco de la resolución 650 del 29 de Marzo de 2010.

Por lo anterior se considera necesario proponer acciones para temas específicos que lleven a la conformación del sistema, las cuales se verán reflejadas en fichas construidas a partir de los manuales de operación y diseño del protocolo.

### **5.5.3. Formulación de fichas para el mejoramiento del sistema de vigilancia de calidad del aire.**

<b>FICHA N. 1</b>
<b>NOMBRE</b>
Formulación de la administración del sistema de vigilancia de calidad del aire de la red de calidad del aire del corredor industrial Paipa – Duitama – Sogamoso.
<b>OBJETIVO</b>
Organizar la gestión administrativa del sistema de vigilancia de calidad del aire, a partir de la asignación de labores
<b>JUSTIFICACION</b>
La calidad del aire del corredor industrial Paipa- Duitama y Sogamoso debe mantenerse vigilado por la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (CORPOBOYACÁ) y la Alcaldía de cada uno de los municipios afectados por contaminación atmosférica, creando alianzas y convenios que lleven a mejorar la calidad de vida de los habitantes por medio de una adecuada supervisión, llegando a esta conclusión, lo que se quiere es crear varios lineamientos para que se lleve a cabo esta labor sin interrupciones y con responsabilidad de las personas a las que se asignen las funciones de revisión.
<b>PROPUESTA</b>
<p>CORPOBOYACA y cada alcaldía de los municipios son los encargados de la vinculación directa del profesional responsable de la operación de los equipos, definiendo actividades y obligaciones para cada una de las partes, de la siguiente forma:</p> <p>Obligaciones de CORPOBOYACA:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Generar y aprobar informes semanales y mensuales para ser publicados, manteniendo a la comunidad informada de las actividades que se presentan en la zona y su grado de afectación a la calidad del aire, conservando su veracidad con evidencias de datos de medición.</li><li>• Coordinar y supervisar el desarrollo de las actividades designadas a la Alcaldía del municipio y al profesional encargado de la operación de la red de calidad del aire, para controlar que la revisión se lleve a cabo en sus tiempos y de la forma adecuada.</li><li>• Facilitar equipos de cómputo y materiales de oficina para el desarrollo de las actividades</li></ul>

del profesional encargado de la operación de la red, para que pueda argumentar cada una de las actividades realizadas por él y justificar el funcionamiento diario de las estaciones a su cargo.

- Realizar el debido mantenimiento a los equipos de cómputo propiedades de la corporación, que sean destinados para el almacenamiento de la información generada por las estaciones de monitoreo para garantizar su autenticidad.

#### Obligaciones de la Alcaldía:

- Nombrar un delegado que se responsabilice del desarrollo de las diferentes actividades encomendadas y comunicar su cargo mediante oficio a CORPOBOYACA.
- Formar perfiles para los profesionales que serán encargados del manejo y operación de la red.
- Coordinar y supervisar las actividades realizadas por el profesional designado anteriormente para el manejo de la red de calidad, facilitando el transporte para el debido desarrollo de las distintas acciones.
- Disponer de un espacio o área adecuado para que el profesional pueda desarrollar sus labores.
- Adquirir los equipos necesarios y los insumos para que la operación funcione de manera correcta.
- Mantener la seguridad de los equipos instalados en las diferentes estaciones de monitoreo y de los que se encuentran fuera de operación, garantizando su calibración y su buen estado.
- Proteger las áreas de ubicación de las estaciones cuidándolas de deterioros, manteniendo su limpieza, generando buen aspecto a la comunidad.
- Publicar y comunicar a toda la comunidad, los informes aprobados por CORPOBOYACA sobre el comportamiento de contaminantes en el aire.
- Transmitir de manera oportuna a CORPOBOYACA cualquier anomalía relacionada con la divulgación de la información generada en la red.

#### Obligaciones del profesional encargado del mantenimiento y operación de la red de monitoreo de calidad del aire:

- Operar la estación de monitoreo de su municipio, realizando una revisión diaria de los parámetros monitoreados y análisis de los mismos.
- Generar informes diarios con gráficas y estadísticas acerca los índices de la calidad del aire (ICASO) y del comportamiento de los contaminantes, reportando a CORPOBOYACA y al delegado por la alcaldía.
- El informe según recomendado por el protocolo debe contener la siguiente información: Introducción, comportamiento del día típico de cada uno de los contaminantes monitoreados, comparación con la norma, índices diarios de calidad del aire, análisis de los índices diarios de calidad del aire, las actividades desarrolladas en el mes y conclusiones y recomendaciones.
- Mantener actualizada la información generada diariamente, para conocer los

lineamientos de conducta de los contaminantes y de las fuentes emisoras.

- Realizar la calibración de los equipos de acuerdo a los protocolos adoptados y aprobados para estas actividades, manteniendo informados a la Alcaldía y a CORPOBOYACA sobre solicitud de nuevos equipos o de insumos con su debida justificación.
- Apoyar las actividades adicionales que se presenten para mantener la seguridad de las estaciones y la veracidad de su información.

### RESULTADO

La reestructuración organizativa de la entidad encargada del monitoreo de la calidad del aire para mejorar el funcionamiento de la Red, debe tomar en cuenta lo siguiente: La ejecución de cualquier programa es más exitosa, si es que desde el principio la unidad responsable para alcanzar metas trazadas, está estructurada de tal manera que permite formar un grupo de trabajo, en vez de mantener una organización tradicionalmente jerárquica, de esta forma cada miembro del grupo constituye una parte esencial de todo el proceso, luego de que exista una verdadera supervisión y revisión adecuada de las estaciones de monitoreo con sus equipos en un 100 % de eficiencia, los datos que se generan a la comunidad no serán erróneos, además se mantendrá controladas todas las industrias que generan contaminación atmosférica y afectación a la comunidad, haciendo partícipes a todos los miembros de la comunidad de una mejora en la calidad del aire.

Con las visitas diarias del profesional a cargo se apoya la validación de los datos, que se reportan diariamente, de la misma forma como son revisados por la Alcaldía y CORPOBOYACA se detectará cualquier falla en las mediciones o en su funcionamiento.

### PRESUPUESTO

ITEM	DESCRIPCIÓN	TIRMP (MES)/ DEDICACIÓN	V/R UNITARIO	V/R TOTAL
1	UN COORDINADOR: Ingeniero Sanitario o Sanitario y Ambiental o Químico con posgrado en la modalidad de especialización (Homologable por cuatro años de experiencia profesional) y diecinueve meses de experiencia profesional relacionada.	12/100%	\$3.515.610	\$42.187.320
2	UN PROFESIONAL DE APOYO 1: Ingeniero de Sistemas con treinta meses de experiencia profesional relacionada.	12/100%	\$2.820.756	\$14.884.536
3	UN PROFESIONAL DE APOYO 2: Ingeniero Sanitario o Sanitario y Ambiental o Químico con treinta meses de experiencia profesional relacionada.	12/100%	\$2.480.756	\$14.884.536
4	UN PROFESIONAL DE APOYO 3: Ingeniero Electrónico con treinta meses de experiencia profesional relacionada.	12/100%	\$2.480.756	\$14.884.536
5	UN ASISTENCIAL: Personal con aprobación de 3 años de educación básica secundaria.	12/100%	\$935.714	\$11.228.568
<b>TOTAL PERSONAL</b>				<b>\$98.069.496</b>

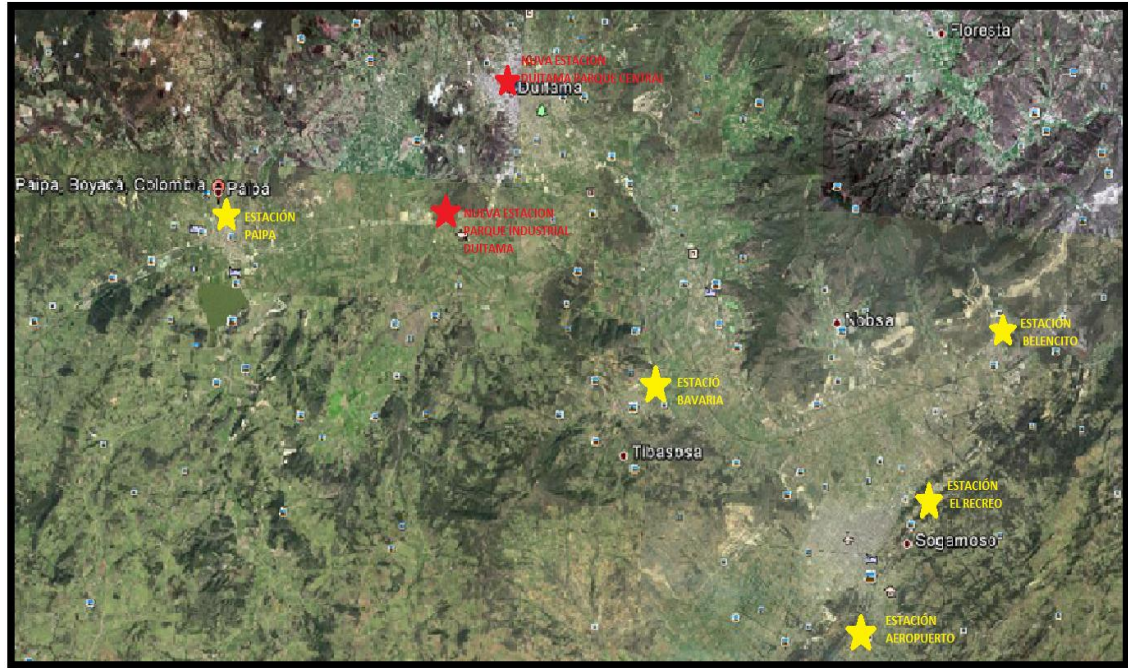
<b>FICHA N. 2</b>
<b>NOMBRE</b>
Formulación de la ubicación de las estaciones de monitoreo para la calidad del aire del corredor Paipa – Duitama- Sogamoso.
<b>OBJETIVO</b>
Proponer la ubicación de nuevas estaciones de monitoreo, para ampliar el cubrimiento de la vigilancia de la calidad del aire
<b>JUSTIFICACIÓN</b>
<p>Siguiendo los lineamientos del manual del diseño del protocolo para la vigilancia de la calidad del aire en su numeral 5.6.3 se establece, que para conformar un sistema especial de vigilancia de la calidad del aire de deben implementar estaciones de medición de contaminantes y factores meteorológicos a poblaciones de cualquier número de habitantes bajo la influencia de fuentes de gran magnitud. Por lo anterior se plantea la ubicación de nuevas estaciones de fondo y puntual que cubrirán toda el área de influencia de industrias de la zona.</p> <p>Dentro del corredor industrial se tiene cuatro estaciones las cuales tres son para la vigilancia de fuentes puntuales ubicadas en los municipios de Nobsa, Sogamoso, Tibasosa , una unidad móvil para la medición de Mp 10 en Paipa, y una para la determinación de concentraciones de fondo ubicada en el aeropuerto de Sogamoso.</p>
<b>PROPUESTA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para el municipio de Duitama se debe instalar una estación de fondo urbana, que estaría ubicada a 5°82'80" en latitud norte y a 73°03'44" en longitud oeste, en la parte alta del centro administrativo distrital en el parque central del municipio, esto con el fin de atender al objetivo del SEVCA, sobre el observar las tendencias de polución de la región. esta estación contaría con una unidad meteorológica, con mástil, sensores de velocidad y dirección del viento, radiación solar, humedad relativa, precipitación, temperatura. Además de contar con un equipo para la medición de Mp10 y Mp 2.5</li> <li>• Duitama debe también contar con una estación de tráfico que se deberá ubicar a 5°79'02" en latitud norte y a 73°06'45" en longitud oeste, sobre la vía que de Paipa conduce a Duitama a la altura del parque industrial, esto porque es una zona de gran afluencia vehicular y visualizando el desarrollo del sector en unos años en esta área se construye el terminal de carga de Boyacá, con lo que se aumentara las emisiones por fuentes móviles. Esta tendría la función de medir Mp10, So<sub>2</sub>, Mp2.5 Y O<sub>3</sub>.</li> <li>• En el municipio de Nobsa se debe instalar una estación industrial en el sector de las caleras sobre la vía que de Duitama conduce a Nobsa a la altura del centro de salud del mismo sector a 5°75'13" en latitud norte y a 72°94'27" en longitud oeste, con el fin de cubrir una de las areas mas contaminadas de la region por Mp 10 y gases resultantes de cal y carbon mineral y estaria con condiciones de medir Mp10, Mp2.5 y O<sub>3</sub> y además contara con una unidad meteorológica con mástil, sensores de velocidad y dirección del viento, radiación solar, humedad relativa, precipitación, temperatura.</li> </ul> <p>Las anteriores ubicaciones fueron tenidas en cuenta respecto a la direccion de vientos de cada municipio.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para el municipio de Paipa se debe contar con una estacion meteorologica con mástil, sensores de velocidad y dirección del viento, radiación solar, humedad relativa, precipitación, temperatura.</li> </ul>



- Con respecto a las estaciones de Belencito se debe implementar un equipo para la medición de Mp2.5 y O<sub>3</sub>. La estación el Recreo se debe realizar la compra de un medidor de Mp2.5 y O<sub>3</sub>. En la estación de Bavaria se implementara un medidor de O<sub>3</sub> y una unidad meteorologica con mástil, sensores de velocidad y dirección del viento, radiación solar, humedad relativa, precipitación, temperatura y para la estación de Aeropuerto se vinculara un medidor de O<sub>3</sub> Y Mp2.5.

Las anteriores estaciones tienen una ubicación adecuada para la vigilancia de la calidad del aire, por la distancia a los puntos de emisión y los centros urbanos.

## RESULTADO



## PRESUPUESTO

	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V/R UNITARIO	V/R TOTAL
1	MONITOR ATENUACIÓN BETA CON APROBACIÓN U.S. EPA PARA PM 2.5 MARCA THERMO REF. 514i. INCLUYE: BOMBA DE SUCCIÓN, TUBO MUESTRA CON CALENTADOR, ADAPTADOR PARA TECHO, CABEZAL Y VSCC PARA PM 2.5, RIELES Y MANIJAS PARA INSTALACIÓN, CINTA FILTRANTE DE 17 MTS	7	\$58.175.000	\$407.225.000
2	MONITOR ATENUACIÓN BETA CON APROBACIÓN U.S. EPA PARA PM 10 MARCA THERMO REF. 514i. INCLUYE: BOMBA DE SUCCIÓN, TUBO MUESTRA CON CALENTADOR, ADAPTADOR PARA TECHO, CABEZAL Y VSCC PARA PM 10, RIELES Y MANIJAS PARA INSTALACIÓN, CINTA FILTRANTE DE 17 MTS.	5	\$56.325.000	\$281.625.000
3	KIT DE CLAIBRACIÓN CON TRES LAMINAS	5	\$2.031.000	\$10.157.600
4	KIT REPARACIÓN BOMBA	5	\$861.250	\$4.306.250
5	ESTACIÓN METEOROLÓGICA CON MASTIL, SENSORES DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO, RADIACIÓN SOLAR, HUMEDAD RELATIVA, PRECIPITACIÓN, TEMPERATURA..	5	\$42.000.000	\$210.000.000
6	ANALIZADOR DE OZONO O3 REF. SERINUS 10 DE ECOTECH. INCLUYE:	6	\$22.000.000	\$132.000.000

	BOMBA INTERNA, ACCESORIOS PARA MONTAJE DE RACK DE 19" Y COMBUSTIBLES PARA UN AÑO.			
8	SHELTER MOVIL PARA CALIDAD DE AIRE. INCLUYE: AIRE ACONDICIONADO, UPS DE 5KVA, DOS RACK DE 19" PARA EQUIPOS, MESA DE TRABAJO, SILLA, MUEBLE PARA ALMACENAR REPUESTOS Y MANUALES, 30 METROS DE CABLE, MANIFOLD CON VENTILADOR, GASES PARA CALIBRACIÓN Y ACCESORIOS.	2	\$65.000.000	\$131.200.000
<b>TOTAL PERSONAL</b>				<b>\$1.176 513.850</b>

FICHA N. 3	
NOMBRE	
Formulación para realizar el mantenimiento de la red de vigilancia de la calidad del aire	
OBJETIVO	
Generar lineamientos para el mantenimiento y calibración de los equipos de medición de contaminantes en la zona	
JUSTIFICACIÓN	
<p>Cada sistema de vigilancia de la calidad del aire debe contener un programa de mantenimiento preventivo y correctivo, que evite fallas en el sistema o mantenga controlados los imprevistos que afecten las características de medición del comportamiento de los contaminantes, corrigiendo cualquier dificultad de operación. Este programa define las rutinas de revisión, de limpieza de partes y la frecuencia de estas actividades.</p> <p>El mantenimiento de los equipos garantizará la continuidad en la toma de muestras en el sistema. Un preciso programa de mantenimiento preventivo y correctivo debe encerrar en el Plan de Calidad del SVCA. De todos los mantenimientos realizados, tanto preventivos como correctivos, se debe llevar registro según se especifique en dicho plan. Del buen funcionamiento de los equipos de las estaciones más detallada, precisa y completa va a ser la información que se lleve a los habitantes de los municipios, cumpliendo uno de los objetivos principales con los que se creó la red de vigilancia de la calidad del aire de mantener comunicado al municipio sobre esta.</p>	
PROPUESTA	
<p>A continuación se propuso actividades teniendo en cuenta 4 tipos de mantenimiento, los cuales son:</p> <p><b>Mantenimiento preventivo:</b> Es aquel que se realiza diariamente por el operario a cargo de la estación, para verificar la adecuada operación de los equipos, realizando una inspección visual de todas las conexiones y equipos utilizados, detectando a tiempo cualquier anomalía.</p> <p><b>Mantenimiento correctivo:</b> Realizado cuando se detecta o presenta algún problema en el funcionamiento y operación de las estaciones de la red, siendo solucionado por el operario a cargo oportunamente.</p> <p><b>Mantenimiento general:</b> Es aquel que se desarrolla por lo menos una vez al mes, donde se revisa detalladamente cada una de las partes de la estación incluyendo analizadores y sensores meteorológicos.</p> <p><b>Mantenimiento especial:</b> Este es aplicado o efectuado para revisar minuciosamente las instalaciones de las estaciones tales como equipos, conexiones eléctricas y mecánicas de todos las herramientas utilizadas en la red de monitoreo. En la siguiente tabla se hará una propuesta para las actividades principales que debe contener el mantenimiento de la red de vigilancia de</p>	

calidad del aire.

### ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

TIPO	FRECUENCIA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
<b>PREVENTIVO (MP)</b>	DIARIO	Verificación de entrada de corriente. Comparación de los datos que son registrados por el datalogger con los reportados en el panel central de los equipos y de los sensores meteorológicos. Inspección de las conexiones de flujo y de ingreso de los equipos.	<b>Operario</b>
	CADA TRES MESES	Cambio de insumos y repuestos. Limpieza de los analizadores y equipos.	<b>Operario</b>
<b>CORRECTIVO (MC)</b>	EN CUANTO SE PRESENTE UN PROBLEMA O IMPREVISTO	Desajuste del nivel cero, lectura constante o comportamiento variable en los analizadores de gases. Finalización o rompimiento de la cinta y fallas relacionadas con el flujo de entrada en los analizadores de partículas. Adquisición de datos 999 en el Datalogger.	<b>Operario</b>
<b>GENERAL (MG)</b>	UNA VEZ AL MES	Limpieza de manifold. Limpieza de la estación. Limpieza interna y externa de las bombas de succión de los analizadores cuando son bombas externas. Comparación de las lecturas de los sensores meteorológicos con equipos similares y revisados por personal técnico.	<b>Operario</b>
<b>ESPECIAL (ME)</b>	CADA TRES MESES	Aseo detallado de la estación, limpieza del sistema de ventilación y de los sensores meteorológicos. Limpieza detallada de cada uno de los equipos en cuanto a sus componentes internos y externos. Limpieza de los convertidores de alto voltaje.	<b>Operario</b>

### RESULTADO

La aplicación de los procedimientos de mantenimiento y calibración se llevan a cabo para la conservación y el cuidado de todos los sistemas de muestreo y monitoreo, en el programa aplicado a esta red de calidad del aire para el corredor industrial Paipa, Duitama y Sogamoso, se realizan de acuerdo a los procedimientos especificados en los manuales de operación, que permiten asegurar adecuado soporte técnico que vigile el sistema de monitoreo. En vista que en la actualidad por falta de la implementación del nivel preventivo se presenten problemas para el adecuado manejo de la red en donde se encuentra que no están funcionando dos estaciones la de Bavaria y el Aeropuerto, debido generalmente a la falta de los repuestos para los muestreadores, es necesario desarrollar un Sistema de Control de Movimiento y Adquisición de materiales, mediante desarrollo de formularios, que permiten planificar las necesidades de adquisición de los repuestos y materiales con anticipación, asegurando de esta forma el monitoreo continuo.

### PRESUPUESTO

	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V/R UNITARIO	V/R TOTAL
1	CALIBRADOR DINAMICO DE GASES PORTÁTIL CON FOTÓMETRO Y GENERADOR DE AIRE CERO INCLUIDO.	1	\$52.560.000	\$52.560.000
2	MEZCLA GASES PARA CALIBRACIÓN: NO, SO <sub>2</sub> , REGULADORES DOBLE ETAPA Y CILINDRO.	3	\$5.000.000	\$15.000.000
3	COSTOS DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN PARA LA RED CADA UNO DE LOS EQUIPOS TANTO EQUIPOS NUEVOS Y EN OPERACIÓN DURANTE UN AÑO DE OPERACIÓN.	1	\$40.000.000	\$40.000.000
4	CONSUMIBLES PARA UN AÑO DE OPERACIÓN PARA LOS EQUIPOS NUEVOS Y LOS EXISTENTES QUE INCLUYE LOS SIGUIENTES EQUIPOS: - 4 EQUIPOS AUTOMATICOS MARCA THERMO REFERENCIA FH62 C 14. - 3 ANALIZADORES DE DIOXIDO DE AZUFRE MARCA ECOTECH MODELO 9850. - 2 EQUIPOS SEMIAUTOMATICOS DE MATERIAL PARTICULADO MARCA THERMO PARTISOL 2025. - 2 ANALIZADORES DE OZONO MARCA	1	\$12.500.500	\$12.500.000



MONITOR LABS WEDDING MODELO				
TOTAL PERSONAL			\$120.060.000	
FICHA N. 4				
NOMBRE				
Formulación del programa de aseguramiento de la información de la calidad del aire para el sistema especial de vigilancia de la calidad del aire.				
OBJETIVO				
Reforzar el programa de aseguramiento de la información de calidad del aire.				
JUSTIFICACIÓN				
Dentro de los lineamientos del manual operación del sistema de vigilancia de calidad del aire se plantea el manejo de la cadena de custodia, la cual hace referencia al manejo del reporte escrito desde que se toma la muestra hasta el momento de su análisis, su almacenamiento y finalmente su divulgación, razón por la cual para el sistema especial de vigilancia de la calidad del aire del corredor industrial Paipa – Duitama - Sogamoso, CORPOBOYACÁ hace un manejo a partir de los datos reportados al datalogger en un archivo que responde al nombre de AQMS formato xls, el cual reposa en CORPOBOYACÁ y es la base para la elaboración de los informes mensuales del comportamiento de los contaminantes en cada una de las estaciones, sin embargo respondiendo a las especificaciones técnicas del manual, la corporación deberá adquirir software que permita la correcta custodia y manejo de los datos esto con el fin de dar confiabilidad en los mismos y ser publicados en el Sistema de Información sobre Calidad del Aire(SISAIRE).				
PROPUESTA				
<ul style="list-style-type: none"><li>• CORPOBOYACÁ deberá adquirir un sistema de gestión de datos ambientales que responda a:</li><li>• Software que permita la visualización local y remota en tiempo real de los datos adquiridos para CORPOBOYACA y para SISAIRE.</li><li>• Sistema de almacenamiento de datos sobre los inventarios de emisiones de cada municipio integrado al SVCA.</li><li>• Software para la visualización grafica de variables químicas y meteorológicas de la red de calidad del aire.</li><li>• Software para el modelamiento de la calidad del aire a partir de modelos de dispersión, que atiendan a las características de la zona.</li><li>• La creación de un link en la página de inicio de la corporación que permita visualizar de una forma gráfica los reportes mensuales de las estaciones.</li></ul>				
PRESUPUESTO				
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V/R UNITARIO	V/R TOTAL
1	DATALOGGER WINAQMS DE ECOTECH.	6	\$17.000.000	\$102.000.000

2	SISTEMA DE GESTIÓN DE DATOS AMBIENTALES, CON MODULO PARA INTERNET WINCOLLECT - SOFTWARE.	1	\$35.000.000	\$35.000.000
3	SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES GPRS/GSM INALAMBRICO PARA TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS. MODEM ENFORA 1308, PLAN 1 Gbz. (EL PLAN DE DATOS MENSUAL LO ASUME CORPOBOYACA).	8	\$1.000.000	\$8.000.000
4	CONSUMIBLES PARA UN AÑO DE OPERACIÓN PARA LOS EQUIPOS NUEVOS Y LOS EXISTENTES QUE INCLUYE LOS SIGUIENTES EQUIPOS: - 4 EQUIPOS AUTOMATICOS MARCA THERMO REFERENCIA FH62 C 14. - 3 ANALIZADORES DE DIOXIDO DE AZUFRE MARCA ECOTECH MODELO 9850. - 2 EQUIPOS SEMIAUTOMATICOS DE MATERIAL PARTICULADO MARCA THERMO PARTISOL 2025. - 2 ANALIZADORES DE OZONO MARCA MONITOR LABS WEDDING MODELO	1	\$12.500.500	\$12.500.000
<b>TOTAL PERSONAL</b>				<b>\$157.500.000</b>

<b>VALOR TOTAL DEL PROYECTO</b>	
<b>FICHA</b>	<b>VALOR</b>
Formulación de la administración del sistema de vigilancia de calidad del aire de la red de calidad del aire del corredor industrial Paipa – Duitama – Sogamoso.	\$98.069.496
Formulación de la ubicación de las estaciones de monitoreo para la calidad del aire del corredor Paipa – Duitama- Sogamoso.	\$1.176.513.850
Generar lineamientos para el mantenimiento y calibración de los equipos de medición de contaminantes en la zona	\$120.060.000
Formulación del programa de aseguramiento de la información de la calidad del aire para el sistema especial de vigilancia de la calidad del aire	\$157.500.000
<b>TOTAL PROYECTO</b>	<b>\$1.552.143.346</b>

## 6. CONCLUSIONES

- Al realizar el diagnóstico de la zona con información propia de CORPOBOYACA desde el año 2004 hasta el 2011 y las visitas realizadas a la zona, se ubicaron las más importantes fuentes generadoras de emisiones de  $MP_{10}$ , indicando las afectaciones que produce esta clase de contaminación a la población como principal perjudicado en cuanto a la salud, hallando que las principales enfermedades en la zona son causadas por las industrias con mecanismos de producción artesanal cercanas establecidas en la región.
- Mediante las herramientas y los análisis estadísticos se obtuvo una apreciación del aumento de la contaminación en la región, argumentando que la vigilancia en la zona ha decaído, por la falta de investigación y control por parte de las entidades encargadas de la supervisión de la red de calidad de aire y de las estaciones, además se encuentra estaciones que no están en funcionamiento desde 2006, fraccionando la continuidad de los datos.
- Aunque las estaciones tienen una localización adecuada la mayoría de los equipos se encuentran en mal estado, sin un adecuado mantenimiento, viéndose reflejado en la falta de datos de concentraciones de contaminantes, además el número de estaciones es poco para la magnitud del territorio.
- Las isopletras desarrolladas para el análisis de  $MP_{10}$  a partir de los datos registrados por las estaciones se tuvieron que hacer con datos de los tres primeros meses de 2010, debido a un faltante de datos que se evidenció en la carpeta AQMS de la corporación. Las gráficas de isopletras arrojaron como resultados que las mayores concentraciones de estos días se encuentran en la zona de las estaciones de Nazareth y el Recreo.
- Para el análisis meteorológico de la zona se tuvo que hacer una compra de datos meteorológicos al IDEAM tales como, precipitación, velocidad y dirección del viento, que fueron fundamentales para determinar la ubicación de las estaciones de monitoreo que hacen falta en la zona, para realizar una total vigilancia de la calidad del aire.
- Se elaboró la actualización de inventarios de emisiones para los municipios de Duitama y Paipa, mediante recorridos por el corredor vial, obteniendo como resultado el ajuste de las listas con número de fuentes causantes de contaminación y un promedio de las emisiones generadas por cada una de las actividades allí establecidas.
- Se revisó cada uno de los manuales del protocolo para hacer una comparación entre los parámetros actuales de operación y diseño y los recomendados por el ministerio, mostrando las pautas que se consideran deben ser incluidas en el establecimiento del sistema de vigilancia de calidad del aire del corredor industrial Paipa- Duitama-Sogamoso.

- En la evaluación de los parámetros de funcionamiento, operación y mantenimiento se evidencia la falta de control en la información de las estaciones generando incertidumbre en la veracidad de los datos, al igual que el incumplimiento de los objetivos propuestos en la creación de la red de monitoreo

## 7. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones van dirigidas a Corpoboyacá y aquellos municipios que integran el corredor industrial Paipa – Duitama – Sogamoso y deben apropiarse de todas las problemáticas ambientales que son generadas en su jurisdicción, para que integren sus planes de control y puedan aumentar la eficiencia de sus resultados, logrando consolidar el sistema de vigilancia de la calidad del aire para toda la zona.

- Partiendo del diagnóstico realizado a la red y al estado de los factores ambientales involucrados en los procesos industriales de la región, es necesario que la entidad ambiental mantenga al igual que las alcaldías registros de datos epidemiológicos y su relación directa con las actividades productivas del corredor, además de conformar un consolidado sobre las quejas e inquietudes que se puedan generar entorno a las temática de contaminación.
- Cada municipio debe junto con la autoridad ambiental completar los inventarios de emisiones de fuentes puntuales y dispersas municipales, pues el contenido de esta información es vital para que se puedan ejecutar los modelos de dispersión que deberá adquirir Corpoboyacá para darle cumplimiento a las especificaciones del manual de diseño y operación del protocolo para la conformación de sistemas de vigilancia de calidad del aire, además deberán ser actualizados cada dos años junto con todo el SEVCA.
- Como se vio en la investigación por la complejidad de la zona se presenta gran tráfico vehicular por el eje vial que conecta el corredor industrial, además del crecimiento de vehículos año a año que son registrados por el peaje de Tuta, por lo anterior cada municipio debe generar un inventario de emisiones causado por fuentes móviles a partir de aforos vehiculares que se deberán hacer en Paipa a la altura de la central térmica, en Duitama sobre la carrera 42, en Nobsa a la altura de punta larga, en Tibasosa sobre la vía principal y en Sogamoso sobre la carrera 12 a la altura del rompoint que conecta la vía hacia belencito y corrales.
- A partir de los resultados donde se propone la nueva instalación de redes de monitoreo, es de gran importancia que se siga en ejemplo del trabajo que desarrolla la alcaldía de Sogamoso y Corpoboyacá para el mantenimiento de las estaciones de su jurisdicción por tal razón la participación de cada alcaldía es vital para la generación de presupuesto que deberá ser utilizado en la implementación del SEVCA, para que cada municipio se concientice de la importancia de vigilar los índices de calidad del aire en aras del mejoramiento de la calidad ambiental de los habitantes.
- Basados en los registros encontrados y en los vacíos hallados en los datos de concentraciones de contaminantes, se hace necesario crear estrategias para dar cumplimiento a la continuidad de datos, además de asegurar la información de forma que no se mezclen registros de distintas fechas, afectando la secuencia del comportamiento de los contaminantes, el control no solo debería ser a nivel de información sino de planta física ya que se encuentra muy deteriorado, perturbando los equipos que tienen una muy baja eficiencia de medición.
- En el área administrativa de la red falta un profesional responsable que cumpla el papel de operar y revisar periódicamente el funcionamiento de esta, ya que se encuentran

demasiadas falencias en el desarrollo de las actividades específicas para mantener actualizado y en completo orden el sistema de vigilancia de calidad del aire, aparte de este profesional debe existir el delegado por parte de la alcaldía que este verificando que el operador cumplan con sus labores, comprobando mediante los informes diarios que se cumpla con lo establecido en su perfil.

- Se deben crear y aplicar las acciones preventivas y correctivas, precisas y puntuales para solucionar a tiempo los inconvenientes que se presentan en las estaciones pues existen equipos que no funcionan desde hace años y no han sido arreglados siendo estos de gran importancia para el funcionamiento de la red. Si se establece un presupuesto para estas dificultades manteniendo las medidas de seguridad necesarias para proteger las nuevas adquisiciones se logra un mejor desempeño de la red, con equipos totalmente confiables.
- Se debe mantener actualizada la base de datos de las industrias que se establecen en los municipios cada día, para conocer su tipo y cantidad de contaminantes que afectan la calidad del aire, al igual que las que ya no están en funcionamiento, identificando y renovando constantemente los archivos de fuentes de emisión, para comprobar su legalidad y el cumplimiento con la norma.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- CORPOBOYACÁ (1998). Estudio de análisis de costo/beneficio del cambio de chircales y caleras para el mejoramiento de calidad de aire en el Valle de Sogamoso. Tunja: Ecopetrol, UPTC.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL; IDEAM. (2007). informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia. calidad del aire. Bogotá. D.C.
- AMANDA DEL PLAR VERDUGO VEGA, INGRID JOHANA ZAPATA RODRÍGUEZ (2007). Documentación de los procesos para la red de calidad del aire del municipio de Sogamoso (Boyacá) basados en las normas ISO 9001:2000 y NC ISO/IEC 17025:2000. Bogotá.
- GRUPO INTERDISCIPLINARIO E INTERINSTITUCIONAL DE INVESTIGACIÓN DE CARBONES Y CARBOQUÍMICA (2007). Estudio para la reconversión tecnológica de las caleras de Nobsa. Tunja: Corpoboyacá, UPTC. Tomo 2 y 4.
- CORPOBOYACÁ (1999). Estudio plan de manejo ambiental sector las caleras-Nobsa. Tunja.
- JULIO CESAR ARREGOCES CASTRO, DIANA PAOLA CORREAL PORRAS (2008). Implementación del protocolo de vigilancia y calidad de aire del IDEAM, como herramienta metodológica para la Evaluación del impacto ambiental generado sobre el Recurso aire en la sociedad portuaria de Santa Marta (SPSM). Bogotá.
- SOCIAL, S. L. (2011). PLAN TERRITORIAL DE SALUD 2010-2011. Sogamoso.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, M. Y. (2005). Protocolo para la vigilancia y seguimiento. Bogota: IDEAM.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, V. Y. (2010). Manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire . Bogotá.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, V. Y. (2010). Manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire . Bogotá.
- ESPINOSA, F. J. (2001). Bases para la investigación de la contaminación atmosférica en el Valle de Sogamoso. Lausana, (Suiza).
- HUANCAYO, G. Z. (2006). Plan de Acción para la Prevención y descontaminación del aire en la cuenca atmosférica de Huancayo. Huancayo.
- JUAN CARLOS UCRÓS RAJARDO (2009). Propuesta para la implementación de instrumentos de política ambiental en la planta siderúrgica de acerías paz del río s.a. Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana.

- TECNOLOGÍA AUTOMOTRIZ LIMPIA S.A. (2003). El material particulado-que es eso? Santiago de Chile.
- CRISTINA ULLOA ULLOA (2006), Programa para la disminución de la pobreza y seguimiento al avance de las metas del milenio en el departamento de Boyacá, plan de acción de los objetivos del milenio, municipio de Nobsa. Tunja: Boyacá construye.
- JESUS D. DE LA ROSA, (2008). Contaminación atmosférica de material particulado provocada por la extracción minera. Georgia: Revista De La Sociedad Española De Mineralogía.
- CORPOBOYACA Y UNIVERSIDAD DE LA SALLE, (2010). Análisis de Material Particulado en el Valle de Sogamoso a partir del modelo de dispersión AERMOD.
- CORPOBOYACA, (2009). Ajustes plan de acción 2007-2011.Tunja.
- ALCALDIA DE NOBSA, (2011). Plan básico de ordenamiento territorial 2007-2011. Nobsa.
- RODRÍGUEZ, H. (20 de junio de 2005). Sogamoso Reclama Un Aire Más Puro. El Tiempo.
- CONPES., C. N. (2005). lineamientos para la formulacion de la politica de prevencion y control de contaminacion del aire. conpes.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, V. Y. (2010). Política de prevención y control de la contaminación del aire. Bogotá,D.C.: Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible.
- CORPOBOYACÁ. (2010). calidad del aire en el valle de Sogamoso y Paipa. Tunja.
- LARSEN, BJORN. (2004). Cost of Environmental Damage: A Socio-Economic and Environmental Health Risk Assessment.